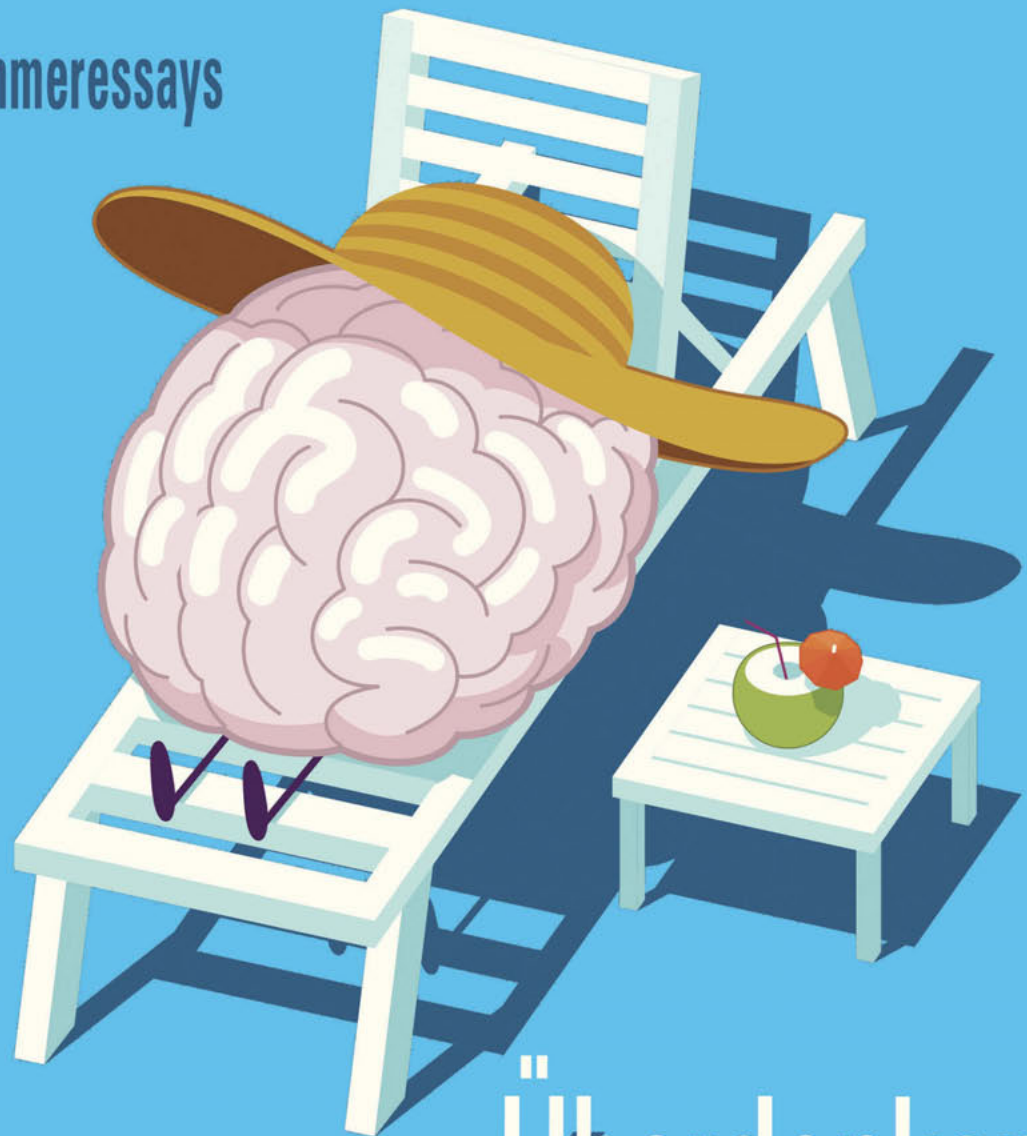


Laborjournal

Sommeressays



Überdenken

F · S · T[®]

FINE SCIENCE TOOLS

Blueprint for Exceptional Customer Service

Since the inception of Fine Science Tools in 1974, it has been our goal to provide the highest quality surgical and microsurgical instruments to meet your research needs. To be sure we meet your high standards, every product we sell comes with our 100% satisfaction guarantee. If, for any reason, you are not completely satisfied with your purchase, you may return it for a full refund.



FINE SURGICAL INSTRUMENTS FOR RESEARCH™

Visit us at [finescience.de](https://www.finescience.de) or call +49 (0) 6221 90 50 50

”



Hier ist es also wieder: Ein Heft voller Essays – wie wir es inzwischen in jedem Sommer herausbringen. Ein Heft, in dem wir ausgewählten Autorinnen und Autoren den Raum geben, ein Thema, das ihnen zur hiesigen oder auch globalen (biomedizinischen) Forschungslandschaft am Herzen liegt, in Ruhe vorzustellen und zu vertiefen.

Dazu völlig frei in der Form. Schließlich legt die Herkunft der Bezeichnung „Essay“ vom französischen Verb „essayer“ (versuchen) nahe, dass er so etwas wie ein gedankliches Experiment darstellt. Und Experimente – da kennen wir Wissenschaftler uns aus – gelingen gerade dann besonders gut, wenn man sie völlig frei und unabhängig von äußeren Beschränkungen durchführen kann.

Im Gegensatz zu den meisten anderen Aufsatz-Gattungen kennt der Essay folglich keinen ihm eigenen systematischen Aufbau. Im Gegenteil, er verlangt geradezu das zwanglose Anstellen eigener Überlegungen, bei denen es mehr auf innere Schlüssigkeit und Nachvollziehbarkeit ankommt als auf die erschöpfende Behandlung des gewählten Themas. Oder wie

die Agentur „Text & Wissenschaft“ zur Textgattung „Essay“ schreibt:

„Die Auseinandersetzung mit dem Untersuchungsgegenstand soll sich auf [...] gedanklich hohem Niveau bewegen und den Leser durch Einfallsreichtum, überraschende Gedanken und interessante Formulierungen oder bisweilen sogar Humor zum Weiterlesen veranlassen. Nur wenn der Leser dem Essay wie einer guten und spannenden Rede folgt, wird der Autor das gesetzte Ziel erreichen, nämlich erfolgreich einige Denkanstöße zu vermitteln.“

Damit wird zugleich klar, dass ein Essay auch vom Leser Besonderes verlangt. Auch er muss sich die Zeit und die Ruhe nehmen, um sich auf das Gedankenexperiment einzulassen, um den Überlegungen, Einfällen und Überraschungen zu folgen – und um letztlich den Fluss der Denkanstöße auf sich wirken zu lassen. Das geht nicht mal schnell in ein paar Minuten Inkubationspause. Genauso wie es nicht funktioniert, wenn man sich den Essay von WhatsApp-Geblöke, Social Media-Geschnatter und E-Mail-Pingpong in lauter kleine Lesefetzen zerreißen lässt.

Unsere Autorinnen und Autoren haben ihren Teil getan. Sie haben sich die Zeit und die Ruhe genommen, um unseren Essay-Raum mit ihren zwanglosen Gedankenexperimenten zu füllen.

So spannt beispielsweise einer lustvoll-karikierend den Bogen über „Wissenschafts-Zombies“, „Smombies“ und Schwänzen, die mit Hunden wedeln – bis er am Ende bei tatsächlich realisierbaren Verbesserungsvorschlägen für die akademische Forschung an Hochschulen landet.

Ein anderer lässt in ruhigen Worten umso effektiver die Luft aus der „Exzellenz- und Evaluations“-Blase – und wirbt gleichsam um Erbarmen für das breite Mittelmaß in der Forschung.

Eine andere wiederum relativiert am eigenen Beispiel (und dem der eineiigen Zwillingsschwester) die Bedeutung des „Eckpfeilers“ Auslandsaufenthalt für die akademische Karriere in diesen Zeiten des hyperkompetitiven Forschungsbetriebs.

Ein weiterer entwickelt über wiederholte Analogien zwischen Musik, Wellen, Surfen und der Wissenschaft seinen ganz eigenen Traum von der Entdeckung allgemeingültiger systembiologischer Prinzipien.

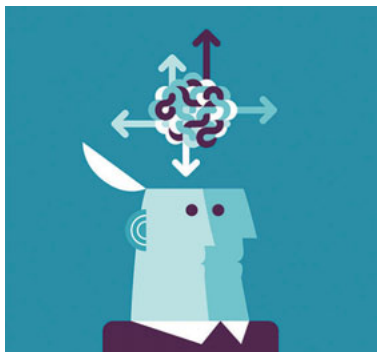
Wieder andere schreiben über Themen wie die Herausforderungen des Genome Editing, die Zukunft des wissenschaftlichen Publizierens, darüber, wie der Umgang mit Versuchstieren zur Reproduktionskrise beiträgt, und und und. Mal heiter, mal wütend, mal persönlich – und auch mal betont sachlich. Wie schon gesagt: frei in der Form.

Jetzt also sind Sie dran: Nehmen auch Sie sich die Zeit und die Ruhe, um sich auf die Gedankenexperimente, den Ideenfluss, die Visionen und Denkanstöße in diesem Heft einzulassen. Denn dann können Essays in diesen hektischen Zeiten auch noch etwas ganz anderes bieten: Erholung.

Gute und spannende Erholung also beim Lesen unserer Essay-Ausgabe!

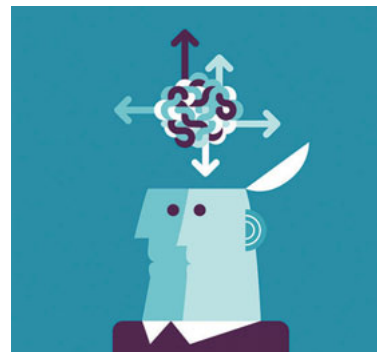
Die Redaktion





„Überdenken“

eine Spezialausgabe
mit Essays von Akteuren
aus den Lebenswissenschaften
und der Biotech-Industrie



<i>Editorial</i>	3
<i>Stephan Feller</i> : Jenseits des Hamsterrads	
– Unser Wissenschaftssystem ist ein Trümmerhaufen	6
<i>Jürgen Mittelstraß</i> : Exzellenz und Mittelmaß	
– Ohne breites Mittelmaß in der Forschung gibt es keine Exzellenz	12
<i>Klement Tockner</i> : Wissenschaft in Umbruchzeiten	
– Untergraben globale Veränderungen die wissenschaftliche Freiheit?	16
<i>Hanno Würbel</i> : Die Reproduzierbarkeitskrise und das Missverständnis von der Labormaus als Messinstrument	18
<i>Hildegard Mack</i> : Forschungsaufenthalt im Ausland	
– tatsächlich ein zwingendes Karrieresprungbrett?	22
<i>Björn Brembs</i> : „Der Weg zur Hölle ist mit guten Vorsätzen gepflastert...“	
– Das Prekariat der Befristeten an den Unis wächst. Neue Lösungen bitte!	26
<i>Ruth Müller</i> : Science, Fast and Slow	
– Wie die Beschleunigung der Wissenschaft deren Kultur verändert	28
<i>Heinz Pampel</i> : Open Access – Die Transformation gestalten	
– Wie der Wandel des wissenschaftlichen Publikationssystems gelingen könnte	32
<i>Florian Markowetz</i> : „All Biology is Computational Biology“	
– Computer-basierte Ansätze werden eine neue Synthese der Biologie auslösen	35
<i>Jörg Hacker</i> : Genome Editing, die nächste Revolution der Biotechnologie	
– Die Wissenschaft muss deren Chancen und Risiken differenziert darstellen	38
<i>Martin Grube</i> : Einfach mal „ins Blaue“ entdecken	
– Wie planbar soll Grundlagenwissenschaft sein?	42
<i>Ulrike Kaltenhauser</i> : Das Beziehungsgeheimnis	
– Warum Netzwerke Leben und Karriere vereinfachen	44
<i>Siegfried Bialojan</i> : Innovation als treibende Kraft	
– Die Biotechbranche floriert, doch Angst vor Risiko behindert den Aufschwung	46
<i>Markus Enzelberger</i> : Ohne langen Atem geht es nicht	
– Warum Arzneimittel-Entwickler in 15-Jahres-Zeiträumen rechnen	50
<i>Olaf Wolkenhauer</i> : Auf der Suche nach Regeln und Ausnahmen	
– Die Komplexität biologischer Systeme zwingt Systembiologen zur Abstraktion	54
<i>José Guzmán, Gaston Sendin & Peter Jonas</i> : Patch-Clamp 2.0	
– Neue Patch-Clamp-Techniken verbinden molekulare Prozesse mit Verhalten	58
<i>Detlef Weigel & Patricia Lang</i> : Geneditierung in der Pflanzenzüchtung	
– Welches Regelwerk soll für geneditierte Pflanzen gelten?	62
<hr/>	
<i>Produktübersicht</i> : Elektronische Pipetten	66
<i>Kongresse / Schulungen / Vorträge</i>	73
<i>Impressum</i>	31
<i>Stellenanzeigen</i>	80
<i>Comic</i> : Die „Lab-Files“ von Chris Schlag	82

Übrigens: Auf www.laborjournal.de finden Sie nicht nur jeden (Arbeits-) Tag ein **neues Editorial**. Wir haben auch einen großen **Methodenteil**, einen **Stellenmarkt**, einen **Veranstaltungskalender**, einen **Blog**, einen **Shop** und vieles mehr. Oder Sie können die **aktuelle Printausgabe als E-Paper** lesen. Und natürlich sind wir auch bei **Facebook** und **Twitter** aktiv.



(4.7.17) ...Das zumindest Wirtschaftsinformatiker und schickt die Plattform ins Rennen. Nebenbei die Open-Access-Initiative

mehr...



No DEAL, no DEAL
(3.7.17) Die Gräber deutschen Wissens und dem Verlag nochmal ein Stück Solidarität ein Stück DEAL haben Universitäts Universitäts

Laborjournal online

Wissen Methoden Karriere Meinung Archiv Termine Spaß Service Startseite

LJ Blog Lab Times Shop Kontakt Suchen



Laborjournal Blog

Das Life Science Blog der Laborjournal-Redaktion

Startseite
Stellenmarkt
Kontakt
Impressum
Laborjournal

Das Recht am Peer Review

4. Juli 2017 von Laborjournal

Nette Geschichte, die Pandeis Perakakis auf seiner Academic Website über seinen Kollegen Angel Correa vom Brain, Mind & Behaviour Research Center der Universität Granada notiert hat. Dieser hatte von einem Elsevier-Editor die Einladung erhalten, ein eingereichtes Manuskript für eines ihrer Journals zu begutachten. Correa schrieb zurück, dass er dies gerne tun würde – allerdings unter einer Bedingung: Würde das Paper am Ende zur Veröffentlichung akzeptiert, sollte das Journal seinen Review in der gleichen Ausgabe mit veröffentlichten – als „Kommentar“ oder wie auch immer, aber auf jeden Fall also frei zugänglich via Open Access.

Correa lieferte auch eine Begründung dafür. Als Wissenschaftler im Staatsdienst habe er entschieden, seine Arbeitszeit nicht völlig selbstlos in das Interesse von Journals zu investieren, die privatrechtliche Zwecke verfolgen.

Der Editor antwortete daraufhin zunächst, dass er Correas Entscheidung, nicht zu veröffentlichen, sehr schade sei, dass er nach seiner Auffassung gerade als

STATISTIK

Virusforschung

Publikationsanalyse 2011 bis 2015:
von MATHIAS BUCHHEIT

Die meistzitierten Originalartikel

1. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence of Zoonotic Virus Diversity in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
2. Montoya-Soto, A., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] University of California San Diego researchers are pleased by the National Science Foundation's award of a grant to study the evolution of influenza A virus in the Americas. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
3. Salath, M., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Single transmission pathways associated and traced with an X-ray laser. *Nature* 2015; 524(7565): 351-354
4. Hultmann, M., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Novel Coronavirus in Guinea, Europe, 2011. *Emerg Infect Dis* 2015; 21(12): 2215-2217
5. Leonghese, L., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] First and only influenza A virus entry into avian hosts for avian influenza. *NAT MED* 2015; 11(11): 1211-1214
6. Rig, V., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Disruptive evolution in a functional receptor for the emerging human coronavirus-229E. *NAT MED* 2015; 11(11): 1215-1218
7. Pavesi, F., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] H5N1 as an avian influenza virus for the redox-regulated protein. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
8. Aiken, M., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Influenza A virus: A functional receptor for the emerging human coronavirus-229E. *NAT MED* 2015; 11(11): 1215-1218
9. Lachmann, C., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Evidence for the role of HIV infection by CD4, CXCR4, and CXCR5 in the pathogenesis of HIV infection by CD4, CXCR4, and CXCR5. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
10. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
11. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
12. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
13. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
14. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
15. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
16. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
17. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
18. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
19. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
20. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
21. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
22. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
23. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
24. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
25. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
26. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
27. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
28. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
29. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427
30. Bialek, E., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Emergence and Activation of a Novel Coronavirus in Europe. *J Virol* 2015; 89(18): 9420-9427

Die meistzitierten Reviews et al.

1. Thompson, M.A., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
2. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
3. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
4. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
5. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
6. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
7. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
8. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
9. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
10. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
11. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
12. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
13. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
14. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
15. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
16. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
17. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
18. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
19. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
20. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
21. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
22. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
23. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
24. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
25. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
26. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
27. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
28. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
29. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252
30. Leung, H., ... [1-30 Kreuzotter, August 8 am D; Sanktbräuer, Glasten, G] Antiviral Treatment of Acute HIV Infection. *PLoS Pathog* 2015; 11(12): e1005252

Laborjournal als E-Paper

mehr...

Lichtgesteuerte 3D-Zellkultur

(24.5.17) In vitro und Organe sind

ZymoPURE

pH-Tester Checker

29% 29,90 €

Jenseits des Hamsterrads

VON STEPHAN FELLER, HALLE

Was kommt heraus, wenn man mit der Schrotflinte in alle möglichen Ecken des Wissenschaftsbetriebs feuert? Ein schmerzvoll anzuschauender Trümmerhaufen. Aber daraus erwachsen auch Verbesserungsvorschläge.

*“But I don’t want to go among mad people,”
Alice remarked.*

*“Oh, you can’t help that,” said the Cat:
“We’re all mad here. I’m mad. You’re mad.”
“How do you know I’m mad?” said Alice.
“You must be,” said the Cat, “or you wouldn’t
have come here.”*

(Lewis Carroll, *Alice in Wonderland*)

Auch wenn ich hier etwas wild über tatsächliche Zahlen spekuliere, so erscheint es mir doch eine unbequeme und deswegen weiterhin ignorierte Wahrheit, dass über 95 Prozent der Wissenschaftler samt ihren Publikationen gerade mal zwanzig Jahre nach ihrem Abgang aus der aktiven Forschung bereits wieder völlig vergessen sind.

Trotzdem investieren immer mehr Forscher mehr und mehr Zeit mit dem Polieren ihrer aktuellen Zitierungszahlen, dem Aufblasen ihrer h-Indizes (Hirsch-Faktor, misst die wissenschaftliche „Geweißgröße“) und anderer vermeintlicher Wertschätzungsfak-

Schneller und schneller sammeln sündhaft teure Maschinen immer größere Datenberge, die niemand wirklich versteht (Chapeau! für Sydney Brenner, der schon sehr früh auf dieses Problem hindeutete). Zunehmend werden „Ressourcen“-Artikel veröffentlicht, in der Hoffnung, dass irgendjemand irgendwo irgendwann irgendwelchen Sinn in diesen turmhohen Ansammlungen von fehlerverseuchtem Chaos entdeckt. Viele GWAS-Analysen (von *genome-wide association study*) sind hier ein gutes Beispiel.

Mehr und mehr Autoren drängen sich in Publikationen mit stetig wachsenden Methodenportfolios hinein, bis kein einzelner von ihnen mehr in der Lage ist, den gesamten Inhalt und die tatsächliche Bedeutung der Artikel vollständig zu erfassen, auf denen sie selbst mit draufstehen.

Zugleich wollen manche Artikel mit einem 120-seitigen Supplement beeindrucken und verwandeln dadurch die Vorbereitung von Journal-Clubs zu wochenlangen Folter-

übungen. Wieder andere Autoren versuchen die kleinste veröffentlichbare Einheit neu zu definieren, um die Häufigkeit ihrer Paper-Ausflüsse zu maximieren (und damit gleichzeitig Impact-Punkte irgendwelcher Art).

Über 30.000 wissenschaftliche Zeitschriften – darunter viele, die von recht zwielichtigen Gestalten mit offensichtlichem Sitz in *Spamalot-Castle* betrieben werden – nerven uns unaufhörlich, indem sie uns fast täglich mit Müll-Mails bombardieren, in denen sie um Manuskript-Futter betteln. Dazu scheint sich in gewissen Ländern wissenschaftliche Kreativität hauptsächlich in der Erfindung immer neuer Formen von Peer-Review- und Editor-Betrügereien, sowie verschiedenen Spielarten der betrügerischen Autoren-schaft-Erswindlung zu manifestieren.

Wissenschaftler verbringen endlose Stunden als Journal-Reviewer und -Editoren; und müssen dann überbeuerte Zeitschriftenabonnements kaufen, oder viel Geld für die Downloads einzelner Artikel

»Sind wir auf dem besten Weg,
,Wissenschafts-Zombies'
zu werden?«

toren, sowie dem Ansammeln der verschiedensten Formen von zweifelhaften „Aktivitätspunkten“ – als wären sie Unsterbliche, die nur durch Enthauptung oder eine silberne Kugel ins Herz jemals gestoppt werden könnten.

Zunehmend verwenden wissenschaftliche Kommissionen diese oftmals fehlerhaften Schätzwerte als Surrogate, mit denen sie vorauszusagen versuchen, wer zukünftig maximal produktiv sein wird. Auf diese Weise wählen sie dann Kandidaten für massiv unterfinanzierte Positionen in Evaluationsgeschüttelten Instituten aus – scheinen aber oft um jeden Preis vermeiden zu wollen, die konkreten Veröffentlichungen der Bewerber wirklich gründlich lesen zu müssen.

Man kann sich daher schon fragen: Sind wir auf dem besten Weg, „Wissenschafts-Zombies“ zu werden?



Illustr.: iStock / Akindo

zahlen, manchmal sogar für die eigenen (!) – während scheinbar sehr gierige Verleger erstaunliche Gewinne scheffeln.

Die Wissenschaftsgesellschaften und -förderer wollen jedoch offensichtlich nicht damit belästigt werden, das wissenschaftliche Publizieren wieder zurück in die Hände der Wissenschaft zu bringen, was vielleicht dazu beitragen würde, kontraproduktive Auswüchse (zum Beispiel „Reviewmania“ zur Steigerung von Impact-Faktoren) im wissenschaftlichen Verlagswesen deutlich einzudämmen, da diese zu großen Teilen von nichtwissenschaftlichen, kommerziellen Interessen getrieben werden. Die Wissenschaftsgemeinde muss dringend *weniger* Paper veröffentlichen und nicht etwa mehr! Niemand, und ich meine WIRKLICH NIEMAND, hat die Zeit, den ganzen Unsinn zu lesen, der derzeit sogar innerhalb eines einzigen Spezialgebiets tagtäglich auf die Menschheit losgelassen wird.

Die Zahl des Verwaltungspersonals an vielen Universitäten wächst stetig, und zunehmend drängen sie mit immer nervenderen Forderungen der Art „Entschuldigung-aber-wir-müssen-diese-Sache-unbedingt-juristisch-wasserdicht-absichern-und-brauchen-dazu-umgehend-noch...“ in die wertvolle und sehr begrenzte Zeit von uns Wissenschaftlern hinein. Sogar Weltklasse-Unis, wie die in Oxford, bleiben davor nicht verschont. Die Konsequenz ist, dass Wissenschaftler immer weniger Zeit aufbringen können, um wirklich tief und sorgfältig über Strategien nachzudenken, wie sie ihre Forschungsprojekte besser entwickeln könnten. Noch weniger Zeit bleibt – und das wäre vielleicht sogar noch wichtiger –, in der Wissenschaftler kostbare Stunden mit ihren Kollegen in lockerer Plauderei darüber verbringen dürfen, welche wirklich großen neuen Fragen gestellt werden müssen und wie diese am besten angegangen werden können.

Heutzutage werden viele unserer Universitäten wie schlechte Kopien von Unternehmen betrieben. Nicht zuletzt deshalb haben die administrativen Mitarbeiter oft feste Stellen, während viele Wissenschaftler stetig darum kämpfen müssen, ihre befristeten Verträge noch einmal verlängert zu bekommen. Dies passiert oft nur dann, wenn sie genug *Overhead*-Geld generieren – mit dem dann am Ende noch mehr administrative Mitarbeiter finanziert werden. Der Schwanz wedelt mit dem Hund – Wahnsinn pur!

Inzwischen gilt es auch vielerorts als Norm, dass „leistungsorientierte“ Gehälter für *Principal Investigators* einerseits an das Einwerben von ausreichenden Fördersummen gekoppelt sind, andererseits aber auch an die Erreichung einer gewissen Anzahl von

Impact-Punkten (*Journal Impact Factor*, *CiteScore et cetera* – Messgrößen, die übrigens alle von kommerziellen Anbietern mit eigener Agenda in ziemlich intransparenter Weise generiert werden und durchaus fehlerbehaftet sind). In unserer glorreichen Vergangenheit hätten viele hoch motivierte und engagierte Wissenschaftler tief beleidigt reagiert, wenn jemand versucht hätte, derart dreist das Karotte-Stock-Spiel mit ihnen zu spielen, als wären sie Esel; heute sind wenigstens ein paar Wenige noch genervt genug, um die Karotte gar nicht erst anzubieten beziehungsweise zu verweigern. Viele hochgeehrte Preisträger unter den Forschern haben inzwischen glasklar gesagt, dass sie unter den heutigen Bedingungen keinerlei Chance auf eine Karriere in unseren Wissenschaftsinstituten hätten. Warum wird das von den Verantwortlichen weitestgehend ignoriert?

Es ist schlichtweg dumm, zu glauben, dass man einem ernstzunehmenden Wissenschaftler nur ein paar Geldsäckchen vor die Nase halten muss, damit er bessere Wissenschaft macht, origineller ist – oder gar öfter über völlig unerwartete und höchst eigenartige Befunde stolpert, die letztlich ganz neue Türen aufstoßen. Im Wesentlichen ist die Karotte-Stock-Methode also nichts anderes als das Eingeständnis der eigenen Unfähigkeit einer Institution, Wissenschaftler zu finden, auszuwählen beziehungsweise dann auch wirklich anzulocken, die ganz von sich aus

»Schnelligkeit ist heute Trumpf, Gründlichkeit war gestern.«

eine hohe Motivation und die richtigen Prioritäten verinnerlicht haben.

Viele biomedizinische Paper, die in den letzten Jahren veröffentlicht wurden, sind offenbar teilweise oder sogar vollständig unreproduzierbar. Dies befeuert zum Beispiel das (teilweise auch selbstverschuldete) Elend der Pipeline-Dürre von großen Pharma-Unternehmen. Diese stecken nichtsdestotrotz häufig das mehrfache an Geld, das sie in tatsächliche Forschung und Entwicklung investieren, ins Marketing, um mit zum Teil lächerlichen Werbekampagnen marginal nützlichere, aber sehr teure (das heißt: rentable) neue Medikamente in den Markt zu drücken. Das hier weiter zu vertiefen, wäre aber ein ganz anderes Thema, deshalb zurück zur akuten Reproduzierbarkeitskrise in der biomedizinischen Forschung...

Was, so muss man fragen, motiviert jemanden eigentlich, in die durchaus mühselige wissenschaftliche Forscherarbeit ein-

zusteigen, wenn nicht der aus tiefstem Herzen verspürte Drang, sich auf die Suche nach wirklich neuen Dingen zu machen und vielleicht so der Wahrheit ein Stück näher zu kommen? Vielen Medizinern scheint es jedoch inzwischen auszureichen, ihre Forschung auf deutlich unterdurchschnittlichem Niveau zu praktizieren und bestenfalls einen flüchtigen Augenblick unverdienten Ruhms einzuheimen, bevor sich die betreffende Studie dann als unhaltbar herausstellt.

Dummerweise ist das Veröffentlichen von Artikeln mit Resultaten, die niemand reproduzieren kann, aber nicht nur unglaublich langweilig, sondern es generiert auch massive Hindernisse für den weiteren wissenschaftlichen Fortschritt und sorgt somit für eine enorme Verschwendung von höchst wertvoller, da eindeutig begrenzter Forscher-Lebenszeit (und von sehr viel Geld). Dennoch müssen all die überehrgeizigen und rücksichtslosen Forscherkollegen, die auf der Welle schlampiger oder gar betrügerischer Wissenschaft reiten, bisher in aller Regel nur sehr milde Strafen fürchten. Selbst wenn sie niemals wieder ein Forschungslabor betreiben dürfen, so können sie doch – zumindest als Mediziner – dank Approbation trotz aller Betrügereien bis an ihr berufliches Lebensende durchaus lukrativ Patienten weiter behandeln, als wäre nichts weiter geschehen.

Eine weitere Folge unseres überhitzten Wissenschaftsbetriebes ist auch, dass das „Abkürzen“, das Reduzieren von Kontrollen auf ein Minimum und das Weglassen wichtiger experimenteller Details inzwischen fast schon zu einem allgemeinen Wesenszug vieler Studenten, Doktoranden und Postdocs geworden ist – mit ausgelöst auch dadurch, dass Nachwuchsforscher inzwischen mehr und mehr vor allem zum egozentrischen Zwecke der Maximierung eigener Impact-Zahlen herangezüchtet werden. Viele Forscher-Novizen erhalten heutzutage keinerlei vernünftige Unterweisung über die absolute Notwendigkeit von umfangreichen Kontrollexperimenten zur Vermeidung von Fehlschlüssen und Artefakten. Ein vorgeblicher Zeitmangel, der sie hindert, an entsprechenden Unterweisungen teilzunehmen, wird vielfach einfach stillschweigend akzeptiert oder sogar ermutigt. Schnelligkeit ist heute Trumpf, Gründlichkeit war gestern.

Um förderungswürdig zu sein, verlangen viele Forschungsförderer und -politiker in diesen Tagen einen derart offensichtlichen translationalen Wert der Forschungsprojekte, dass selbst der schlichteste Geist deren angeblich überragende, oftmals aber nur fantasierte, Bedeutung zum Wohle der Menschheit augenblicklich erfassen kann. Fügt man nun noch die endlosen

Berichte über Wundermittel in Boulevardblättern hinzu – oft präsentiert von Super-Ego-„Wissenschaftlern“ oder Scharlatanen – und lässt immer wieder aufs Neue den „totalen Krieg gegen den Krebs“ grüßen, dann hat der halbwegs gebildete Mitbürger inzwischen durchaus wieder das Recht, das alte Klischee des „verrückten Wissenschaftlers“ erneut zu bemühen.

Inzwischen hat sich ein tiefes Missverständnis wie ein Lauffeuer in unserer Gesellschaft und sogar in Teilen der Forschungsgemeinde verbreitet – nämlich die Annahme, dass der wissenschaftliche Entdeckungsprozess ebenso rational und stromlinienförmig konzipiert und gestaltet werden kann wie die Produktionen auf den Fließbändern der Fabriken. Das trifft bestenfalls für ziemlich triviale Projekte zu. Wirklich originelle Durchbrüche können aber schlichtweg nicht *geplant* werden. Ein gutes Forschungslabor ist nun mal keine Wurstfabrik. Sicher, für einen solchen Durchbruch braucht es Geld und häufig allermodernste Werkzeuge; vor allem aber braucht es dazu einen spielerischen Freiraum, in dem sich wirklich kreative Köpfe gut entfalten und auch sehr ungewöhnliche Ansätze verfolgen können – selbst wenn diese naturgemäß ein erhebliches Risiko des spektakulären Versagens in sich tragen.

Meist geschehen wissenschaftliche Quantensprünge nicht auf geraden „Forschungs-Autobahnen“. Zu oft sind diese nämlich von starren Leitplanken eingefasst, selbst wenn sie oft mit riesigen Geldsummen gepflastert sind, auf die große, träge und letztlich oft schlecht organisierte Konsortien nur warten, um sie sich zu schnappen. Querdenker haben da kaum eine Chance, die stören da nur den Fluss.

Spektakuläre Fortschritte passieren vielmehr häufig auf kleinen, kurvenreichen Straßen mit Straßensperren, Umwegen und Sackgassen. Diese verschlungenen Pfade zu großem wissenschaftlichen Ruhm führen typischerweise durch dicken Nebel, zähen Schlamm und tiefe Schlaglöcher, mit nur gelegentlichen Ausblicken auf hellen Sonnenschein. Und wenn solch ein Durchbruch dann doch endlich geschafft ist, kann es immer noch eine lange Zeit dauern, bis die Erkenntnis schlussendlich vom wissenschaftlichen *Mainstream* akzeptiert wird. Bereits etablierte Ansichten können deren Akzeptanz durchaus über viele Jahre behindern. Manche meinen daher sogar, dass der wissenschaftliche Fortschritt *„one funeral at a time“* voranschreitet – also immer dann, wenn ein „Großkönig“ eines relevanten Forschungsgebietes abtritt.

Der Nobelpreisträger David Baltimore hat während seines Vortrags *„Is small science*

over?“ im Jahre 2001 (zur Feier von 100 Jahren Rockefeller University) durchaus Wichtiges gesagt. Im Wesentlichen ermutigte er die Wissenschaftler dazu, aus dem Hamster-Rad herauszuspringen, sobald sie auf einer festen Stelle sitzen. Allzu vielen scheint dann nämlich gar nicht mehr bewusst zu sein, dass sie nun endlich die Freiheit haben, höhere Risiken einzugehen, um – vielleicht – wirklich wichtige Fragen zu lösen.

»Querdenker haben kaum eine Chance. Die stören nur den Fluss.«

Voltaire wird der Ausspruch zugeschrieben: „Beurteile die Menschen eher nach ihren *Fragen* als nach ihren *Antworten*“ – und es stimmt: Kleine Fragen zeitigen fast immer – selbst im besten Falle – kleine Antworten. Tief drinnen wissen wir das alle, aber wir fühlen uns heute gezwungen, immer öfter die langweiligen, gut ausgebauten Straßen zu nehmen, nur um das Labor irgendwie am Leben zu erhalten, um von unseren Förderungs-*Overheads* Laborraum und weiteres Personal zu finanzieren – und in manchen Ländern sogar, um unsere eigenen Gehälter zu bezahlen.

Lang vorbei sind die Tage, in denen Wissenschaftler stolz verkünden konnten: Meine Forschung ist wirklich ein großer Spaß, obwohl ich nicht die nebulöseste Vorstellung habe, ob meine Erkenntnisse jemals für irgendjemanden nützlich sein werden – abgesehen von mir selbst, dessen unersättliche Neugier sie befriedigen. Willkommen in der Wissenschaft des dritten Jahrtausends!

Was bietet uns Hoffnung? Vielleicht eine neue Generation von hellen, jungen Köpfen, die – blitzzauber, unverbraucht, idealistisch, energiegeladen, kreativ und engagiert – aus dem aktuellen Sumpf ausbrechen und alles viel besser machen werden?

»Was ist passiert mit der guten, alten, ehrlichen, unersättlichen Neugierde?«

Ich bin mir da leider nicht so sicher.

Ist es nur meine Einbildung, oder verfügt die große Mehrzahl der heutigen Studenten tatsächlich über immer stärker schrumpfende Aufmerksamkeitsspannen – manchmal so kurz, dass sie offenbar schon mit derjenigen eines Goldfischs konkurriert? Ist Löffel-Fütterung von Infotainment-Bits in-

zwischen das einzige Mittel, mit dem viele unserer allerjüngsten Novizen auch nur die grundlegendsten wissenschaftlichen Konzepte verstehen können? Wächst bei diesen Jugendlichen stetig der Glaube, dass sich sowieso bald KI-Algorithmen um alle Komplexitäten für uns kümmern werden – weswegen es tatsächlich keine Notwendigkeit mehr gäbe, selbst allzu sehr nachzudenken? Haben ihre immer leistungsfähigeren Smartphones sie bereits in „Smombies“ verwandelt, bevor sie auch nur ansatzweise mit wissenschaftlichen Anstrengungen in Berührung kommen?

Was ist passiert mit der guten, alten, ehrlichen, unersättlichen Neugierde? Ist sie erwürgt worden durch die enorme und ständig weiter wachsende Überflutung mit billigem Schabernack, Reality-Show-ähnlichen Schnipseln und Social-Media-Geschnatter, wie sie in diesen Tagen endlos aus allen Poren des Internets tropfen?

In manchen Seminaren habe ich tatsächlich das Gefühl, eine Herde Schafe zu unterrichten. Ich muss zugeben, dass ich dann immer häufiger den Drang verspüre, durch Aktivierung eines Handy-Störungsgeräts die „digitale Entgiftung“ dieser armen Seelen zu erzwingen, obwohl dies derzeit noch illegal wäre. Im Gegenzug würde den Studenten beispielsweise erlaubt sein, ihre Kommilitonen (und mich) bei großer Langeweile mit Papierkügelchen oder nassen Schwämmen zu bewerfen – was uns alle am Ende wieder in vollem Umfang in das Hier und Jetzt (für Gamer: <- RL) zurückbefördern würde.

In den guten alten Zeiten, das heißt von der Antike eines Sokrates bis zum Ende des 2. Jahrtausends A. D., konnten wir uns fröhlich über die rebellischen, widerspenstigen Jugendlichen mit den schlechten Manieren beschweren, die Älteren wenig Respekt entgegen brachten, aus vollem Herzen ihren Eltern widersprachen, die Lehrer missachteten, *et cetera*. Heute gibt es nörgelnden Protest vor allem wenn das WLAN schwächelt. Kollektive intellektuelle Amnesie von putativ aufstrebenden Nachkommen, eine allgemeine Dumpfheit, Realitätsflucht und die ignoranten Hinnahme gefährlicher gesellschaftlicher Entwicklungen waren niemals zuvor ein Jugendthema. *Shit Storms* in den Sozialen Medien sind, wie ich meine, kaum geeignet, um unsere Welt besser zu machen. Bloßes Jammern über lokal fehlende Breitbandanschlüsse ist keine sinnvolle Gesellschaftskritik. Irgendwie scheinen sich viele unserer Jugendlichen inzwischen der Herrschaft risikofeindlicher Gerontokraten in einer alternden Gesellschaft unterworfen zu haben, ohne sich vorher überhaupt irgendeiner Art von Kampf zu stellen. „Intensiv leben wollte

ich, das Mark des Lebens in mich aufsaugen“, schreibt Thoreau so brillant. Wohin ist dieser Geist entschwinden? Machen die neuen, digitalen Medien viele von uns zunehmend zu blutleeren, traurigen Gestalten?

Somit wäre nun also erkennbar, dass auch die Welt außerhalb unseres Elfenbeinturmes immer verrückter zu werden scheint. Hier noch ein letztes Beispiel. Nach dem (mutmaßlichen) Untergang des bösen sowjetischen Reiches durfte der entfesselte Kapitalismus ungebremst lostraben und stolz seinen hässlichen Kopf erheben – anfänglich in der Form des „Raubtier-Kapitalismus“, wo Hedge-Fond-Heuschrecken alles fraßen, was ihnen über den Weg lief; gefolgt vom „Pampers-Kapitalismus“ (Motto: „Privatisiere die Gewinne, verstaatliche die Verluste“), wo Banken und andere multinationale Unternehmen ein riesiges Chaos anrichteten und die Steuerzahler nicht nur die Hintern dieser Geldverbrenner abwischen, sondern auch für ihre neuen Windeln bezahlen durften. Dann kamen die lächerlichen Vorschläge vom „Helikoptergeld“, welches aus Hubschraubern völlig zufällig unter das ge-

meine Volk geworfen wird, um irgendwie die lahmen, kapitalistischen Wirtschaften zu stimulieren; und vor kurzem erst sind wir in das überaus glorreiche „Postfaktische Zeitalter“ eingetreten, in dem üble Demagogen wieder völlig frei wanderpredigen und es anscheinend völlig okay ist, Lügen und hasserfüllte Emotionen zu verbreiten und sogar zur Gewalt gegen andere aufzuwiegeln.

»Auch außerhalb unseres Elfenbeinturmes scheint die Welt immer verrückter zu werden.«

Was es für die Wissenschaft bedeuten würde, ähnlich üble, unehrliche Mächenschaften, etwa beim Klimaschutz oder in der Evolutionstheorie, für salonfähig zu erklären, muss man nicht lange erörtern. Es lässt sich in drei kurzen Buchstaben erschöpfend zusammenfassen: TOD.

Aber auch wenn, wie wir alle hoffen und vielleicht auch beten, die meisten Wissen-

schaftler nicht auf diese schiefe Bahn geraten, so sind sie dennoch ernsthaften Bedrohungen durch einige Politiker ausgesetzt, die scheinbar nicht zögern, die Wahrheit in nahezu orwellianischer Art und Weise zu verzerrern (siehe zum Beispiel *Nature* 541: 133).

Ich bin mir nicht sicher, ob ich an dieser Stelle tragfähige, gewaltlose Lösungen anbieten kann, um die fröhlich proliferierenden, leider jedoch überaus gefährlichen, narzisstischen Clowns à la „The Donald“ zur Rettung der Welt (und damit natürlich auch der Wissenschaft) aufzuhalten. Aber vielleicht können ja auch kleinere Schritte hilfreich sein. Gibt es also wenigstens für zukünftige Möchtegern-Wissenschaftler irgendwelche Optionen, wie sie das Hamsterrad-Chaos und die Fallstricke der wissenschaftlichen Desintegrität vermeiden können? Wie kann unsere nächste Generation – zumindest diejenigen vielversprechenden Exemplare, die trotz allem noch zu beobachten sind – sich im wissenschaftlichen Entdeckungsprozess engagieren, ohne in ernsthafte Gefahr zu geraten, im System vor lauter Frust die Lust zu verlieren?

AriaMx Real-Time PCR System

UP Grade
TO TOTAL CONFIDENCE qPCR



Angebotsaktion AriaMx Real-Time PCR System

- 96 Well Block mit schneller Heizung und Kühlung
- Plug und Play optische Module
- Ideal für Expressionsanalysen mittels Sybr Green
- Geeignet für HRM Analysen mit Eva Green
- Einfach ausbaufähig auf bis zu 6 Farbmodule für Multiplex Anwendungen

Gerne stellen wir Ihnen das System vor. Fragen Sie einen Termin an unter Email: customercare_germany@agilent.com



9.700 EUR*

* Einstiegspreis für einen AriaMx mit 1 Farbe und 2 Jahren Gewährleistung
Gültig bis: 30.09.2017
DGG_1706_ARIADECH_SP_EM



Hier sind zumindest ein paar, wenn auch zugegebenermaßen ziemlich weit hergeholt Vorschläge (... verzweifelte Zeiten erfordern verzweifelte Maßnahmen ...):

1. Stellen Sie sicher, dass Sie in eine sehr wohlhabende Familie geboren werden. Sicherlich keine Option für die überwiegende Mehrheit von uns – es sei denn, Sie glauben an Reinkarnation. In diesem Fall versuchen Sie, so viele „Karma-Punkte“ wie möglich zu sammeln, indem Sie, so oft Sie können, überaus nett zu Ihren Mitmenschen sind.

2. Wenn Sie es schaffen, suchen Sie sich einen reichen Lebenspartner, der Ihren Lebensunterhalt garantiert und Ihnen damit erlaubt, Wissenschaft als Hobby zu betreiben. Werden Sie dann freiwilliger Sklave in einem großartigen Labor Ihrer Wahl, wo Sie Ihre Träume verfolgen können, ohne dass Ihnen jemand allzu enge Fesseln anlegen kann. Noch besser wäre allerdings, Sie fänden einen *sehr* reichen Partner, der Ihnen Ihr eigenes, voll ausgestattetes Forschungslabor bieten kann – genau wie in den guten alten Zeiten, in denen das Privileg zu forschen auf wohlhabende Adlige beschränkt war (natürlich unterstützt von einer Schar bezahlter Marionetten).

3. Natürlich bin ich mir bewusst, dass die Vorschläge 1 und 2 für die meisten von uns keine Optionen sein können. Daher schlage

ren von ausreichenden „Nerd-Punkten“ oder anderen intelligenten Messgrößen, die noch genauer ausgearbeitet werden müssten. Und um teure Hochdurchsatz-Forschungsprojekte zu starten, müssten BGE-Wissenschaftler mehrere Gleichgesinnte finden, die

»Eine umfangreiche ‚Entrümpelung‘ unserer Universitäten wäre schon mal großartig.«

bereit sind, ihr wertvolles *Spielgeld* in diese würdige Sache einfließen zu lassen. Natürlich wären gründliche Diskussionen und „intellektuelles Armdrücken“ nötig, um ein solches wissenschaftliches „*Crowd-Funding*“ zu organisieren – was wieder viel Spaß ins akademische Leben zurückbrächte.

Das BGE würde alle ehrlichen Wissenschaftler, wie Dich, lebenslänglich versorgen. Es ginge Dir nur verloren, wenn sich Deine Paper doch noch als Betrug herausstellen sollten, durch Deine eigene schwere Schuld komplett unreproduzierbar wären, oder wenn Deine Arbeit so schamlos trivial wäre (also nie mehr als das völlig Offensichtliche liefern würde), dass Dir als einzige ehrenhafte Möglichkeit bliebe, freiwillig davon zurückzutreten.

Besonders kühne und wirklich faszinierende Ideen würden dagegen belohnt und gegebenenfalls sogar ohne umständlichen Peer-Review publiziert – und zwar in einer neuen Gattung von prestigeträchtigen Open Access-Zeitschriften, die extra dafür da sind, bemerkenswerte innovative Konzepte sowie spekulative, aber höchst neuartige An-

sätze zu verbreiten, welche zumindest theoretisch das Potenzial haben sollten, Grundlagen für zukünftige Durchbrüche zu schaffen.

Dies alles würde aus den Gewinnen der Arbeit von Robotern (und sonstigen Maschinen) bezahlt, die uns sowieso bald viele unserer langweiligen Gegenwartsjobs abnehmen werden, dann aber zur Strafe eine neueinzuführende, ordentliche *Robo-Tax* zahlen müssen.

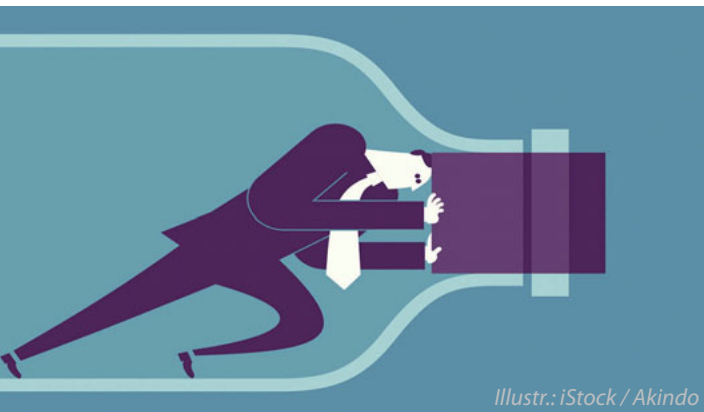
Das Hamsterrad, das viele heutige Wissenschaftler dazu zwingt, hyperhektisch und ohne viel Freiheit zu arbeiten, nur um in der

Wissenschaft zu überleben, anstatt ihre Forschungsarbeit zu genießen, wäre dann bald bloß noch eine blasse Erinnerung aus grauer Vorzeit, die nur gelegentlich noch in den Alpträumen älterer Kollegen wieder auftaucht, die unser aktuelles Elend noch aus erster Hand erlebt haben.

Aber klar, leider wird im wirklichen Leben wahrscheinlich nichts davon in nächster Zeit passieren. Wie also könnten *reale* Lösungen aussehen?

Eine umfangreiche „Entrümpelung“ unserer Universitäten wäre vermutlich großartig. Wenn man zügig all diejenigen Studenten loswürde, die ziemlich eindeutig unfähig sind, jemals etwas Bemerkenswertes in der akademischen Wissenschaft zu leisten – konkret also nach Abschluss ihres Bachelors – dann könnte das durchaus viel bringen. Master-Studiengänge würden nur den circa zehn Prozent Besten angeboten werden, das heißt denjenigen, die das Potenzial haben, sie auch wirklich vernünftig zu bewältigen und so zu echten „Meistern“ der akademischen Wissenschaft zu werden. Das brächte dann auch viel Zeit für ein ordentliches Mentoring von denjenigen, die wirklich vielversprechend sind. Sie würden folglich von früh auf die wesentlichen Tricks und Kniffe der Forschungskunst erlernen, einschließlich der verschiedenen *Soft-Skills*, die zum Erfolg erforderlich sind. Die Entwicklung persönlicher Beziehungen zu den Senior-Wissenschaftlern würde wieder einfacher werden – was dann vielleicht auch den „Vater“ wieder zurück in den schönen, aber derzeit oft hohlklingenden Terminus „Doktorvater“ bringen könnte (natürlich gilt alles, was hier aus Gründen der besseren Lesbarkeit ohne Gendersternchen *et cetera* pp. geschrieben wird, für alle der zahlreichen, interessanten Spielarten des *Homo sapiens*).

Ganz offensichtlich würde es dann deutlich weniger Jungforscher geben, aber die wären von höherer Qualität und Qualifikation – und könnten, versorgt mit den richtigen Ressourcen und optimalem Mentoring, viel Substantielles erreichen, selbst wenn sie insgesamt weniger publizieren. Weniger Absolventen würde auch einen deutlich weniger heftigen Wettbewerb um bezahlte akademische Postdoc-Stellen bedeuten – und wahrscheinlich eine Verschiebung der Förderflüsse weg von der bevorzugten Finanzierung vieler Doktoranden hin zu höheren Förderquoten für promovierte Wissenschaftler. Und irgendwann könnten dann vielleicht auch wir hektischen Wissenschaftshamster unser Tempo im Lauftrad drosseln – und eventuell sogar eines Tages ganz aus diesem verrückten Rad heraushüpfen, das die Wissenschaft schon viel zu lange in einem ungesunden *Overdrive*-Modus gehalten hat.



Illustr.: iStock / Akindo

ich vor, dass wir stattdessen alle für die Einführung eines bedingungslosen Grundeinkommens (BGE) für akademische Wissenschaftler kämpfen. Das BGE müsste nicht nur für ein schlichtes Gehalt sorgen, sondern brächte zugleich ein kleines Budget für Verbrauchsmaterialien mit sich, plus einen gewissen Betrag an wissenschaftlichem *Spielgeld*, das nur für Projekte anderer Wissenschaftler verwendet werden dürfte.

Um als BGE-Wissenschaftler akzeptiert zu werden, müsste man natürlich strengen Auswahlkriterien genügen, wie dem Anspa-

Bei alledem wäre es sicherlich sehr nützlich, wenn auch die Wissenschaftsförderer leichter akzeptieren, ja vielleicht sogar fordern könnten, dass die Wissenschaftler ihre Zeit aufteilen und gleichzeitig an mindestens zwei Projekten arbeiten: eines ein solides „Brot-und-Butter“-Projekt, das eher niedrig hängende Früchte erntet; das andere dagegen ein deutlich riskanteres, aber dennoch gut konzipiertes „Blue Sky“-Projekt mit Potential für einen hohen Erkenntnisgewinn. Jeder künftige Förderantrag müsste dann ein Projekt beider Typen umfassen. Misserfolge beim Verfolgen riskanterer Pfade würden auf diese Weise generell akzeptabler und die tatsächliche Verwendung von Mitteln deutlich flexibler. Bis jetzt sind Kreativ-Fördertöpfe leider noch viel zu selten, aber sie sind keine reine Illusion (siehe etwa das Förderprogramm „Experiment!“ der VolkswagenStiftung).

Unsere würdigen Nachwuchswissenschaftler könnten wir auf diese Weise häufiger dazu ermutigen, nach höheren Zielen zu streben, kühn zu sein und deutlich größere Risiken einzugehen, als sie es gegenwärtig wagen können, ohne ihre Zukunft aufs Spiel zu setzen. Sie haben nur ein Leben zu

leben. Warum sollten sie dann ihre Karriere damit vergeuden, fast ausschließlich an kleinen Fragen zu arbeiten?

In der schönen neuen Wissenschaftswelt, von der ich träume, würden die Förder-

»Ich schlage vor, dass die Universitäten aufhören sollten, immer bizarre und hyperaktive Formen der Ökonomie nachzuzahlen.«

gelder, die eingeworben und ausgegeben werden, nicht *per se* als Tugend angesehen werden. Es würden vielmehr diejenigen Wissenschaftler besonders geschätzt, die im besten Interesse unserer Gesellschaft handeln, indem sie möglichst große Fortschritte mit möglichst moderaten Mengen an Geld erreichen. Große „Strohfeuer“-Projekte, die im Wesentlichen nur Egozentrik-getragene Geldverbrennungsübungen sind, wären dagegen verpönt und würden nicht zu Beförderungen führen.

Um es zusammenzufassen: Ich schlage vor, dass die Universitäten aufhören sollten, immer bizarre, hyperaktive Formen der Ökonomie nachzuzahlen, beziehungsweise ihnen sklavisch zu dienen – sei es nun der „Pampers-Kapitalismus“ oder eine andere verrückte Spielart. Unsere Universitäten müssen wieder viel stärker zu echten Brutstätten und Wiegen für kühne, kritische Vordenker werden und weniger zu Produzenten von willfährigen Knechten multinationaler, unkontrollierbarer Kapitalmonster. Nur dann werden sie in der Lage sein, die hellsten und kühnsten Köpfe anzuziehen und zu halten.

Lasst uns den Spaß zurück in die Wissenschaft bringen!

Zum Autor

Stephan Feller ist Professor für Tumorbiologie am Institut für Molekulare Medizin, ZAMED, der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

PCR-Produkte

Testen:

Ihre PCR-Proben sind Gold wert! Schützen Sie deshalb Ihre wertvollen Proben vor Verunreinigung und Verdunstung und testen Sie PCR-Produkte von BRAND:

- Reinraum-Qualität für verlässliche Ergebnisse
- Optimierte Abdichtung der Wells durch perfekt passende Gefäßdeckel und Folien



Jetzt kostenlose Muster anfordern auf www.brand.de/muster
Einzelgefäße, Streifen, Platten, Verschlussfolien uvm.

www.brand.de

Ihre PCR-Proben sind Gold wert!



BRAND. For lab. For life.

Exzellenz und Mittelmaß

VON JÜRGEN MITTELSTRAß, KONSTANZ

Ein Plädoyer für ein breites Mittelmaß. Denn nur aus diesem erwächst wiederum breite Qualität, die der Wissenschaft am Ende Exzellenz beschert – auch ohne angestrenzte Evaluation.

Früher sprach man in der Wissenschaft vornehmlich von Qualität, heute spricht man von Exzellenz. Gemeint ist meist dasselbe. Auch in der Wissenschaft, obgleich diese sich über das stolze Wort Forschung definiert, gelten die für alles menschliche Tun üblichen Unterschiede: man macht eine Sache gut oder weniger gut, manchmal auch schlecht. Das eine heißt Qualität, emphatisch, weil mit besonderen Maßstäben gemessen, Exzellenz; das andere Mangel an Qualität, Mittelmaß oder ganz einfach wissenschaftlicher Müll. Wenn da nicht die unter Wissenschaftlern – vor allem, wenn sie ihr eigenes Tun betrachten – verbreitete Vorstellung wäre, dass alles, was die Wissenschaft tut oder was im Namen der Wissenschaft getan wird, also auch das eigene Tun, qualitätsreich oder, nach neuerer inflationärer Sprachregelung, einfach exzellent wäre. Forschung, so die übliche Vorstellung, ist etwas so Besonderes, dass sie gewissermaßen *per definitionem* auch etwas ganz Feines, eben Exzellentes ist. Und wenn alle Welt in dieser Weise von exzellenter Forschung spricht, die es zu ermutigen und zu fördern gilt, dann ist natürlich die eigene Forschung immer mit inbegriffen.

Irgendwie scheinen der Wissenschaft, wenn derart aufdringlich von Exzellenz die Rede ist, in der Beurteilung ihrer eigenen Leistungen die Maßstäbe verloren gegangen zu sein. Zwar wird in konkreten Beurteilungszusammenhängen heftig kritisiert und im Antragswesen fleißig abgelehnt, doch bleibt

»Früher sprach man in der Wissenschaft von Qualität, heute von Exzellenz. Gemeint ist dasselbe.«

davon die Vorstellung, Forschung, wenn sie nur in den gewohnten Bahnen daherkommt, sei *per se* etwas Positives, In-sich-Wert-Tragendes, dem Göttlichen Nahes, weitgehend unberührt. Wer forscht, hat den Alltag schon verlassen, und dessen Maßstäbe offenbar auch. Er ist nunmehr mit dem absoluten Geist im Bunde, jedenfalls mit denjenigen, die diesen und noch manches andere,

mit dem sich die Wissenschaft schmückt, erfunden haben. Das waren, wenn vom absoluten Geist die Rede ist, streng genommen wiederum die Philosophen, nicht die Wissenschaftler; doch welcher Wissenschaftler lässt es sich schon nehmen, als Philosoph zu gelten oder dessen Geschäft – besser als dieser, versteht sich – zu betreiben. Isaac Newton wurde ärgerlich, als John Locke seiner Physik zur Erkenntnistheorie verhelfen wollte – und schrieb diese (schlecht und recht) selbst; Albert Einstein empfahl sich Philosophen und Theologen mit einfachen deterministischen Konzepten und der beruhigenden Mitteilung, dass Gott nicht würfle.

Hat die Wissenschaft Recht, wenn sie sich in ihren Vertretern so aus dem allgemeinen Arbeitsprozess heraushebt? Wenn sie Forschung als etwas definiert, das jenseits der üblichen Beurteilungsmaßstäbe stattfindet und daher auch von allerlei gesellschaftlichen Anmutungen, etwa ökonomischer oder ethischer Art, geschützt sein will? Wenn sie ihre eigenen Maßstäbe bildet und für diese immer wieder ihre Heroen in Erinnerung ruft? Eine Antwort auf derartige Fragen fällt nicht leicht, und sie wird unterschiedlich ausfallen dürfen. So hat die Wissenschaft Recht, wenn sie sich ein Gefühl dafür bewahrt, dass wissenschaftliche Arbeit kaum unter den üblichen gewerkschaftlichen Orientierungen und der Mentalität von Arbeitnehmern in arbeitsrechtlich streng geregelten Verhältnissen gedeihen wird. Hier geriete der wissenschaftliche Leistungswille unweigerlich unter die Bedingungen einer mehr an Durchschnittlichkeit als an „außertariflicher“ Anstrengung orientierten gesellschaftlichen Normalität.

Doch haben sich nicht längst die Rahmenbedingungen von Wissenschaft grundlegend geändert, und zwar in eine Richtung, in der schon in den 20er Jahren der Philosoph und Soziologe Helmuth Plessner von einer Industrialisierung der Wissenschaft sprach? Wissenschaft ist – zumindest in vielen ihrer Teile – nicht mehr ein Tun „in Einsamkeit und Freiheit“, von dem noch der Universitätsgründer Wilhelm von Humboldt sprach, und sicher nicht mehr allein die Leistung großer Individuen wie etwa Gottfried Wilhelm



Leibniz, Isaac Newton, Charles Darwin und Max Planck. An ihre Seite sind große Teams und große Maschinen getreten, die von Hunderten von Wissenschaftlern bedient und betrieben werden. In manchen Publikationen der (experimentellen) Physik nimmt die Aufzählung der Autoren fast ebenso viel Raum ein wie die Mitteilung der Ergebnisse. Auch hat sich die Zahl der Wissenschaftler in einer Weise vermehrt, dass hier schon längst nicht mehr von einer eigenen seltenen Spezies gesprochen werden kann, die mit Recht besondere Umweltbedingungen beansprucht. Beliebte (und zutreffend) ist der Hinweis, dass heute mehr Wissenschaftler arbeiten als in der gesamten Geschichte der Wissenschaft zuvor. Ist da nicht, aus der Sicht der Gesellschaft, Wissenschaft wie jede andere gesellschaftliche Arbeit auch? Und beschreiben wir nicht Wissenschaft als Institution wie andere Institutionen, zum Beispiel Finanzämter, auch? Mit anderen Worten: Hat am Ende die großartige Entwicklung der Wissenschaft selbst diese um ihre Ausnahmestellung, die sie einmal auf ihren langen Wegen seit ihrer griechischen Entdeckung beanspruchen konnte, gebracht? Hat Plessner Recht, wenn er resigniert feststellt, dass eine „Logik der Problemwicklung“ die Wissenschaft in Gang hält wie der Produktionsplan einen Betrieb und jeder Wissenschaftler jederzeit durch einen anderen ersetzbar ist? Wenn Wissenschaft die Dimension eines Großunternehmens annimmt, dann gerät sie zwangs-



Illustr.: iStock / Akindo

läufig auch unter die üblichen ökonomischen und institutionellen Kategorien, die die allgemeine gesellschaftliche Arbeit bestimmen.

Selbst das politische Prinzip der Gleichheit scheint die Wissenschaft zu erreichen, wenn sie nicht mehr in großen Einzelnen, sondern in Kollektiven denkt und, vom allgegenwärtigen Funktionärswesen auch in der Wissenschaft in den Schlaf geküsst, Demokratisierung zum Maßstab auch wissenschaftlicher Entwicklungen erhebt. Nicht nur die Naturwissenschaftler, auch die Philosophen, deren Namen man sich in der bisherigen Philosophiegeschichte noch bequem merken konnte, zählen heute nach vielen grauen Tausenden. Auch Weisheit – wenn dafür die Philosophen zuständig sein sollten – gibt es heute mit Mengenrabatt. Und über allem wacht der regelnde, standardisierende und verwaltende Verstand.

In dieser Situation muss es schwer fallen, Qualität, oder gar Exzellenz, verbindlich zu messen und, wo erforderlich, auch gegen den Trend einer großzügigen Selbstbeurteilung zu sichern. Das hat die Wissenschaft längst selbst entdeckt, aber auch die Wissenschaftspolitik und die Wissenschaftsbürokratie. Allerorten regt sich der geflissentlich beurteilende Geist und befördert, von Experten unterschiedlicher Couleur manchmal schon fast selbstzweckhaft betrieben, eine Arithmetisierung aller wissenschaftlichen Verhältnisse. Der Science Citation Index wird zum heiligen Buch, der Impact Factor zur magi-

schen Zahl. Das eigentliche Stichwort aber lautet Evaluierung. Es ist heute zum Zauberwort geworden, das offenbar alle Türen zu einer qualitätsmäßig gesicherten Zukunft öffnet. War schon zu früheren Zeiten das wissenschaftliche Begutachtungswesen üppig ausgebaut – kein Promotions- oder Habilitationsvorgang, kein Berufungsvorgang, und zwar auf allen Ebenen des Verfahrens, in dem nicht externe Gutachter tätig wurden, kein Drittmittelantrag, in dem nicht doppelt und dreifach begutachtet wurde –, so spottet es heute jeder Beschreibung. Ganze Kolonnen von Evaluierern gehen übers Land, kein Institut, keine Universität, keine andere wissenschaftliche Einrichtung, die vor ihnen sicher ist. Ein neuer Furor ist ausgebrochen; wir sind in der Wissenschaft auf dem besten Wege, ein Volk von Evaluierern zu werden.

Dabei hatte Wissenschaft stets etwas mit besonderen Formen der Prüfung, der Begründung, der konstruktiven Skepsis und Kritik zu tun, und sie ist gut damit gefahren. Nachdem sich nunmehr aber der verwaltende Verstand der Sache angenommen hat, wird aus einer Selbstverständlichkeit, aus einem Habitus, der das wissenschaftliche Tun auszeichnete, eine sich krakenhaft ausbreitende Institution. Diese macht kaum etwas besser, als dies zuvor der wissenschaftliche Verstand selbst getan hatte, aber sie lässt sich besser vorzeigen und beruhigt alle – die Prüfenden, die Geprüften und die Prüfungen Veranlassenden – ungemein. Und dies ist wohl auch der eigentliche Grund hinter dieser ungeheuren Geschäftigkeit, die sich mit dem Begriff der Evaluierung heute in der Wissenschaft, in den Universitäten ebenso wie bei der Max-Planck-Gesellschaft, verbindet: Evaluierung verschafft ein gutes Gewissen, auf allen Seiten. Seht her, wir tun was! Etwas, das uns vor Mittelmaß, Untermaß, Verschwendung, Ineffizienz, Ineffektivität, Lug und Trug schützt. Und wer derartige dornige Wege geht, der kann nicht schlecht sein. Ein

»Über allem wacht der regelnde, standardisierende und verwaltende Verstand.«

blauer Engel sollte her, der in Wissenschaftsdingen umweltfreundliche Qualität attestiert. Und mehr noch: Qualität und Exzellenz ist nicht etwas, das die Wissenschaft in ihrem eigenen Tun, in Forschung und Lehre, täglich schafft, sondern ein Resultat von auferlegten Prüfungen, Evaluierungen eben. Ich bin geprüft, also bin ich (...ein toller Wissenschaftler)! ▶



NAFLD & NASH

*A Toolkit to Better Understand
Reversible Disease Stages*

· Lipogenesis · Inflammation
· Fibrosis

Cayman products
available at
www.biomol.de

Schaffen Forschungsverbände besseres Wissen?

Fünf flotte Thesen von Jürgen Mittelstraß

1. These:

Forschungsverbände sind Ausdruck des kooperativen Wesens der Wissenschaft – im üblichen disziplinären wie im unüblichen, aber wünschenswerten transdisziplinären Zusammenhang. Dieses steht in einem dialektischen Verhältnis zu ihrem Wettbewerbswesen (Wettbewerb um die besten Theorien, die besten Methoden, die besten Wissenschaftler) – dialektisch, weil es darum geht, das eine vom anderen her zu denken und umgekehrt. Ein Denken in Forschungsverbänden, das diese Dialektik übersieht, indem es Kooperation zum alleinigen Kriterium von Forschungsförderung macht, stärkt nicht die Generierung besseren Wissens und die Kreativität der Forschung, sondern erstickt sie.

2. These:

Ausdruck einer derartigen Fehlentwicklung ist die herrschende Netzwerk-Rhetorik. Alles soll mit allem in der Forschung verbunden, „vernetzt“ werden. Übersehen wird, dass sich exzellente Forschung immer schon selbst vernetzt; aufwendige und teure Netzwerkprogramme, wie sie in den Rahmenprogrammen der EU angelegt sind, zeugen von einem Europa der

(Wissenschafts-)Bürokraten, nicht von einem Europa der Forscher. Man könnte auch sagen: als Europa in der Forschung nichts mehr einfiel, fielen ihm die Netzwerke ein. Das viele Geld, das hier jahrein, jahraus in die Bildung von Netzwerken gesteckt wurde, wäre in der tatsächlichen Forschung besser angelegt gewesen. Wie, das zeigt eindrucksvoll der European Research Council (immerhin auch eine europäische Erfindung).

3. These:

Erst kamen die Netzwerke, dann die Cluster. Im Rahmen der Exzellenzinitiative wird in Deutschland zusammen mit der Institution der Graduiertenkollegs Forschung in eine immer gleiche (institutionelle) Richtung gelenkt. Übersehen wird, dass Exzellenz in der Regel gegen den Mainstream gewonnen wird, nicht in oder mit ihm. Wo dieser sich auch noch einen institutionellen Ausdruck verschafft, siegt das Gleichmaß über das wirklich Maßgebende. Mit anderen Worten: Das Institutionelle muss der Forschung folgen, nicht umgekehrt die Forschung dem Institutionellen. Dies muss der wissenschaftsorganisatorische Verstand wohl erst noch lernen.

► Dabei ist in Sachen Qualitätssicherung gewiss noch viel zu tun. Nicht zuletzt infolge seines ungeheuren Wachstums ist das Wissenschaftssystem derart unübersichtlich geworden – auch unter Qualitätsgesichtspunkten –, dass schon lange nicht mehr als wissenschaftlich begründet und gesellschaftlich gerechtfertigt gelten kann, was nur den Ausdruck „wissenschaftlich“ im Wappen oder Schilde führt. Die Frage ist nur, ob unsere Evaluierungsfeldzüge auf diese Situation die richtige Antwort sind. Und die Antwort wird Nein lauten müssen. Evaluierungen sind zu Ritualen geworden, die weniger der tatsächlichen Qualitätsbeurteilung – mit entsprechenden negativen oder positiven

allemaal politische und persönliche Gründe zählen.

Wann wird in Deutschland auch eine Wissenschaftseinrichtung wirklich geschlossen? Und wenn – von wenigen mühsamen Ausnahmefällen bei der Max-Planck-Gesellschaft abgesehen sowie bewirkt durch Bemühungen des Wissenschaftsrates im Bereich der Leibniz-Institute –, dann wird, wie im Falle der Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1990 nicht aus wissenschaftlichen Gründen, nach vorausgegangener Evaluierung, sondern aus politischen Gründen geschlossen – die in diesem Falle die Ungründe der Berliner Alternativen Liste und einer schwachen Berliner SPD waren. Evaluierung hätte da womöglich Gründe gegen eine Schließung zu Tage gebracht, und die wollte keiner der politisch Beteiligten. Die Moral von der Geschichte: Evaluierungen schaden nicht, und wenn geschadet werden soll, dann besser ohne wirkliche Evaluierung.

Müssen wir uns mit der Existenz von Evaluierungen als Legitimationsritualen, der undurchschaubaren Gemengelage von Exzellenz, Qualität und Mittelmaß, dem ungelösten Problem einer Qualitätssicherung mit und ohne Evaluierung abfinden? Bleibt wissenschaftliche Exzellenz das weitgehend uneingelöste Versprechen eines Systems, das die Qualität liebt und das Durchschnittliche fördert? Ist Wissenschaft möglich ohne Durchschnittlichkeit oder Mittelmaß? Vermutlich nicht – weshalb sich auch jenseits

von Pessimismus und Resignation Tröstliches zu erkennen gibt. Denn Mittelmaß ist in der Wissenschaft der Preis der Qualität und der Exzellenz. Oder anders formuliert: Damit Exzellenz wirklich werden kann, muss viel Qualität gegeben sein; und damit Qualität wirklich werden kann, muss viel Mittelmaß gegeben sein. Allein Exzellenz, nichts anderes, wollen wäre nicht nur wirklichkeitsfremd, sondern für die Entstehungsbedingungen von Exzellenz vermutlich fatal – sie verlöre die wissenschaftliche Artenvielfalt, aus der sie wächst. Und darum eben auch: Nicht nur Erbarmen mit Durchschnittlichkeit und Mittelmaß, sondern zufriedene Unzufriedenheit mit diesen. Es ist das breite Mittelmaß, das auch in der Wissenschaft das Gewohnte ist, und es ist die breite Qualität, die aus dem Mittelmaß wächst, die uns in der Wissenschaft am Ende auch die Exzellenz beschert – mit oder ohne angestrengte Evaluierung.

(Der Essay wurde zuvor bereits veröffentlicht in Gegenworte 5, 2000: 22-25)

»Ist Wissenschaft möglich ohne Durchschnittlichkeit oder Mittelmaß? Vermutlich nicht!«

von Konsequenzen für die evaluierte Einrichtung – als vielmehr Gesichtspunkten der Legitimation dienen. Sie bestätigen meist das Bestehende, und wo nicht, bleiben sie in der Regel folgenlos. Das gilt vor allem dort, wo sich Wissenschaft selbst in den neuen Formen evaluiert. Kein System, auch nicht das wissenschaftliche, tut sich selbst gern weh, und wenn doch, dann in verträglichen Dosen oder aus anderen Gründen, zu denen

Zum Autor

Jürgen Mittelstraß ist emeritierter Professor für Philosophie und Wissenschaftstheorie an der Universität Konstanz und Direktor des Konstanzer Wissenschaftsforums.



Illustr.: iStock / Akindo

4. These:

Zum verordneten Gleichmaß gehört in Deutschland heute auch die feste Ordnung von universitärer und außeruniversitärer Forschung.

Dabei waren die Kaiser-Wilhelm-Institute, mit denen alles begann, nicht die institutionelle Konsequenz einer Forschungsentwicklung, die einer eigenen Logik folgt, sondern die Antwort auf die historische Unfähigkeit der Universität, in Forschungsschwerpunkten zu denken. Das kann und sollte keine Bestandsgarantie für das real existierende System der universitären und außeruniversitären Forschung bedeuten. Das Wissenschaftssystem muss sich bewegen, wenn sich die Forschung bewegt. Warum – weil nun einmal die forschende und lehrende Universität den Kern eines Wissenschaftssystems bildet – nicht wieder in eine universitäre Richtung?

5. These:

Subjekt der Forschung ist heute nicht länger der Forscher, sondern die Forschungseinrichtung. Wir sprechen, wenn wir vom forschenden Handeln sprechen, von der Forschung; der

Forscher selbst verschwindet hinter der Einrichtung, in der er forscht. Hinter dieser Entwicklung steckt eine Industrievorstellung von

Forschung. Nur die Geisteswissenschaften haben sich noch eine Erinnerung daran bewahrt, dass das Subjekt der Forschung noch immer das individuelle forschende Subjekt ist. Zugleich wird in der Universität im Zuge der Bologna-Reform das Industriemodell der Forschung auf die Lehre übertragen. So wie der Forscher forscht, wie die Einrichtung forscht, lernt jeder und jede, wie alle lernen. Dem Industriemodell der Forschung entspricht ein Kasernenmodell der Lehre. Fazit: Für wie dumm hält sich die Wissenschaft selbst, wenn sie sich ihre Forschungs- und Lehrformen vom organisierenden und verwaltenden Verstand vorschreiben lässt.

(Zuerst erschienen in der Schriftenreihe „Debatte“, Heft 11, der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW) mit dem Titel „Forschungsverbände in der Wissenschaft – Chance oder Zwang?“, Protokoll S. 59-60)

INTEGRA

PIPETTIEREN MIT MEHRKANALPIPETTEN SIND IHRE SPITZEN AUF EINER LINIE?

PERFEKT AUSGERICHTETE GRIPTIPS FÜR BESSERE ERGEBNISSE



Planen Sie jetzt eine kostenlose Vorführung in Ihrem Labor!
www.integra-biosciences.com/mehrkanaldemo



EVOLVE

Manuelle Pipetten



VIAFLO II

Elektronische Pipetten



VOYAGER II

Magische Pipetten

www.integra-biosciences.com

Wissenschaft in Umbruchszeiten

VON KLEMENT TOCKNER, WIEN/BERLIN & JONATHAN JESCHKE, BERLIN

Die Wissenschaftslandschaft verändert sich gerade grundlegend, weltweit und teilweise unumkehrbar. Es besteht die große Gefahr, dass im Zuge dieses Prozesses das Grundrecht auf wissenschaftliche Freiheit untergraben wird.

„Ich wollte etwas tun, das die anderen nicht taten“, so die grundlegende Motivation des Biologen Yoshinori Ōsumi, der im Jahr 2016 den Medizin-Nobelpreis für seine bahnbrechenden Arbeiten zu Abbau- und Recyclingprozessen in Zellen erhielt. Das klingt zwar selbstverständlich für erkenntnisgetriebene Wissenschaftler, doch scheint dies immer mehr zur Ausnahme zu werden. „Mainstream“-Forschung, von wirtschaftlichen Interessen bestimmte Themenauswahl sowie opportunistisches Verhalten gestalten zunehmend den Wissenschaftsbereich, ja gefährden diesen womöglich.

Wissenschaft und Forschung können, was ihr Ausmaß betrifft, als ein globales „Unternehmen“ bezeichnet werden. Pro Jahr

»Wissenschaftliche Evidenz und gesellschaftliche Einschätzung driften auseinander.«

werden weltweit knapp zwei Billionen US-Dollar in Forschung und Entwicklung investiert, mit jährlichen Zuwachsraten von fünf Prozent. Das Gesamtbudget entspricht somit in etwa den globalen Militärausgaben. Pro Jahr veröffentlichten neun Millionen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler 2,5 Millionen Artikel in 34.500 begutachteten Zeitschriften. Die Folge ist ein enormer Anstieg an Informationen und Daten. Mehr denn je trifft zu, was John Naisbitt bereits vor 35 Jahren geschrieben hat: „*we are drowning in information but starved for knowledge*“.

Derzeit verändert sich diese Wissenschaftslandschaft grundlegend, weltweit und teils unumkehrbar. Wissensgenerierung wird zunehmend privatisiert, wissenschaftliche Evidenz und gesellschaftliche Einschätzung driften auseinander, die geographischen Zentren der Wissenschaft verlagern sich – und der Matthäus-Effekt führt dazu, dass der Mainstream gefördert wird und bestimmte Fragestellungen in Disziplinen dominieren, andere dagegen selten bis gar nicht adressiert werden. Nach diesem Effekt rufen frühere Erfolge und nicht gegenwärtige Leistungen immer neue Erfolge hervor –

er ist auch als „*The winner takes it all*“-Prinzip bekannt und führt zu kritischen und unnötigen Wissenslücken.

Die OECD-Länder verzeichnen einen kontinuierlichen und deutlichen Anstieg an Investitionen durch die Industrie in Forschung und Entwicklung, während der relative Anteil an öffentlichen Forschungsmitteln abnimmt. Weniger als ein Viertel der Gesamtausgaben für Forschung und Entwicklung werden mittlerweile für öffentliche zivile Zwecke investiert.

Was bedeutet diese zunehmende Privatisierung der Wissenschaft? Es nimmt etwa der Druck zu, Wissen zu patentieren und Forschungseinrichtungen wie Wirtschaftsunternehmen zu führen – es geht um Profit im weitesten Sinne. Somit besteht die berechtigte Gefahr, dass das Grundrecht auf wissenschaftliche Freiheit untergraben wird.

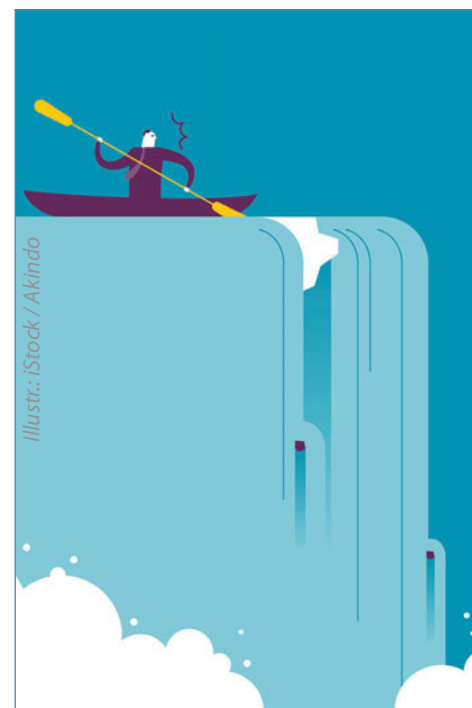
Wirtschaftliche, aber auch machtpolitische Interessen sind mitverantwortlich, dass Zweifel an wissenschaftlicher Evidenz gestreut werden. So klaffen beim Klimawandel oder der Evolutionsbiologie Evidenz und gesellschaftliche Einschätzung zunehmend auseinander. Es gibt zweifelsohne eine Bringschuld seitens der Wissenschaft, den Dialog mit der Gesellschaft intensiv zu führen. Es benötigt aber auch ein klares Bekenntnis: Wir sind eine wissenschaftsbasierte Gesellschaft, wir sind Forschungsnationen. Denn die erkenntnisgetriebene Forschung von heute ist eine unverzichtbare Voraussetzung, um die großen Herausforderungen der Zukunft bewältigen zu können. Herausforderungen, die wir oft noch gar nicht kennen oder die uns noch nicht bewusst sind.

Trotz der immensen Flut an Informationen und Daten nimmt das individuelle und kollektive Wissen im Sinne von Verständnis kaum zu, womöglich sogar ab. Wie soll eine Gesellschaft mit Daten und Informationen verfahren, die zwar vorhanden aber nicht zugänglich sind, etwa weil sie aus ökonomischen oder politischen Interessen zurückgehalten werden? Wie gehen wir damit um, wenn Daten nur selektiv zugänglich gemacht werden und dadurch zur Desinformation führen? Welche Möglichkeiten bestehen, unentbehrliches Wissen zu generieren, das bisher nicht vorhanden ist, weil kein Interesse oder

sogar Widerstand besteht, es zu gewinnen? Die notwendige Entwicklung von *Open Science*, das heißt der freie Zugang zu Informationen und Daten, darf uns nicht darüber hinwegtäuschen, dass ein Großteil des Wissens nicht verfügbar ist oder gemacht wird.

So ist das Budget der amerikanischen Geheimdienste (NSA & Co.) größer als die zivilen staatlichen Forschungs- und Entwicklungsausgaben von Deutschland und Frankreich zusammen. Die Ausgaben in den USA für militärische Forschung und Entwicklung sind sogar noch höher. Wer kontrolliert diese Forschung? Wer hat Zugang zu den Daten und Informationen? Welche ethischen Standards werden angewandt? Es sind öffentliche Mittel, die im Militär- und Geheimdienstbereich verwendet werden, deren Ergebnisse der Gesellschaft gar nicht, selektiv oder zeitversetzt zur Verfügung gestellt werden. Und es sind immer weniger Menschen, die das vorhandene Wissen teilen. Diesen Prozess kann man als *Oligopolisierung des Wissens* bezeichnen; eine große Gefahr für aufgeklärte Demokratien, für die informierte Bürgerinnen und Bürger essenziell sind.

Auch die geographischen Zentren der Wissensgenerierung verlagern sich. Zwar ist die Reputation der Universitäten im anglo-amerikanischen Raum noch sehr hoch, was sich in Gesamtrankings widerspiegelt, je-



doch liegen in den Ingenieur-, Material- oder Computerwissenschaften fast alle Exzellenzzentren bereits in China (inklusive Hongkong), Singapur und Taiwan. Die eindrucksvolle Erfolgsweltentwicklung der Universitäten in Singapur wird etwa von hohen Repräsentanten vor Ort so erklärt: „Wir hatten eine große Vision, stellten die entsprechenden Ressourcen zur Verfügung und haben alles daran gesetzt, um die besten ‚Köpfe‘ weltweit anzuziehen.“ Das klingt doch nach einem einfachen Rezept, oder?

Rankings, aber auch die Bewertung von Leistung anhand weniger Performance-Indikatoren, prägen zunehmend die Wissenschaftslandschaft. Sie sind eine Art „Aktienindex“: Studierende orientieren sich in ihrer Ortswahl nach dem Ranking einer Universität, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler messen sich anhand des Hirsch-Faktors, und Regierungen fördern insbesondere ihre topgelisteten Aushängeschilder.

Das Wissenschaftssystem reagiert daher opportunistisch auf Rankings und spezifische Indikatoren; die Entscheidungsmacht in Forschungseinrichtungen verschiebt sich hin zu den oberen Managementebenen, und Hi-

erarchien verstärken sich. Besonders bedrohlich für den Prozess der Wissensgenerierung ist die Verlagerung von intrinsischer hin zu extrinsischer Motivation. Drittmittel und Publikationen in hochrangigen Zeitschriften sind wichtig, dürfen aber nicht zu Lasten von Neugier und der Bereitschaft gehen, Risiken einzugehen und Projekte zu starten, deren Ausgang völlig offen ist. Denn primäres Ziel muss es bleiben, Wissen zu schaffen und vermeintliches Wissen zu hinterfragen.

Forschungsförderungsorganisationen wie der Österreichische Wissenschaftsfonds (FWF) können gegensteuern. Wir müssen noch mehr die besonders risikoreichen Projekte identifizieren, alternative Förderungsformate etablieren und neue Partnerschaften bilden. Insbesondere müssen wir die kreativsten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fördern und ihnen längerfristige Perspektiven ermöglichen. Eine interdisziplinäre Herangehensweise ist oft notwendig, um die großen wissenschaftlichen Fragen unserer Zeit zu lösen. Doch Kommunikationsbarrieren zwischen Disziplinen, hierarchische Strukturen, wissenschaftlicher Egoismus, Mutlosigkeit und ein zunehmender

Mangel an kreativer Zeit stehen dem oftmals entgegen.

Noch haben wir einen hohen Grad an Freiheit in der Forschung in Ländern wie Österreich, Deutschland und der Schweiz. Es grenzt daher an Fahrlässigkeit, wenn wir diese Freiheit nicht nutzen, um die großen Durchbrüche zu schaffen – zum Wohle der Wissenschaft und zum Wohle unserer Gesellschaft. Yoshinori Ōsumi hat gezeigt, dass es geht!

Zu den Autoren

Klement Tockner ist Präsident des Österreichischen Wissenschaftsfonds (FWF) und Professor für aquatische Ökologie an der Freien Universität (FU) Berlin.

Jonathan Jeschke ist Professor für Ecological Novelty an der FU Berlin und dem Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Berlin.



10-13 SEPTEMBER 2017
CONGRESS CENTER BASEL, SWITZERLAND

SHOWCASING EUROPE'S EXCELLENCE IN LIFE SCIENCES

11-13 SEPTEMBER

MIPTec  **BASEL LIFE**

exhibition that features forefront technologies that advance research and development in life science

11-13 SEPTEMBER

INNOVATION FORUMS  **BASEL LIFE**

advancing applied and translational aspects of research topics by using cutting-edge methodology and data presented by leading scientists in the field

- Aging and drug discovery
- Artificial intelligence and block chain in healthcare
- Basel Agenda – A global healthcare roadmap (digital transformation in disease management)
- Basel Microfluidics
- Best practices in next generation sequencing and clinical genomics
- Biotherapeutics
- Biocatalysis
- Digital Biomarkers
- Medicinal Chemistry
- Peptide Therapeutics
- Pluripotent stem cells in disease modeling and drug discovery

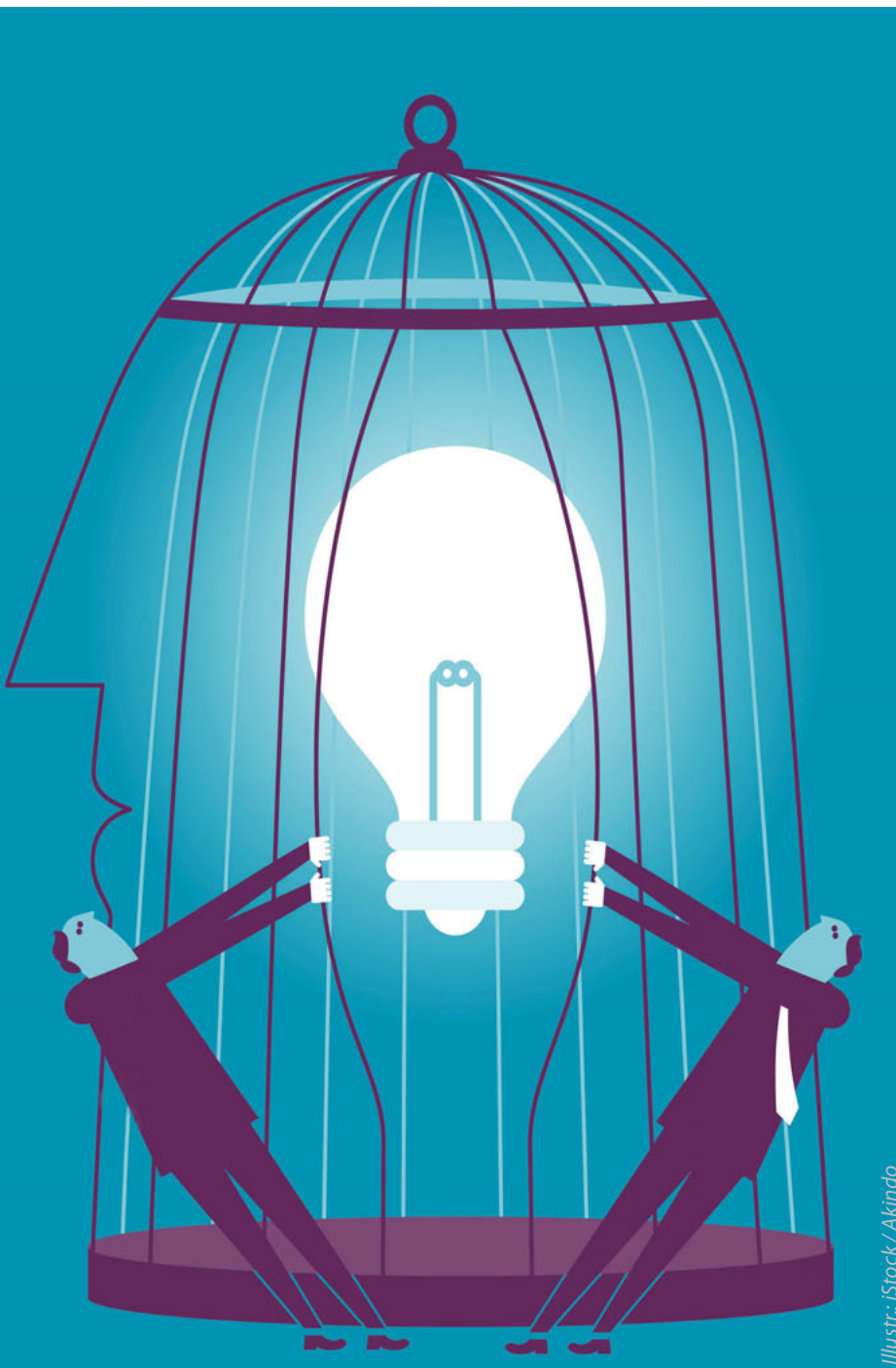
basellife.org

#basellife17 / #MipTec / #LifeSciences

Die Reproduzierbarkeitskrise und das Missverständnis von der Labormaus als Messinstrument

VON HANNO WÜRBEL, BERN

Oftmals ist es eine Art seltsamer Konsens, der Forschenden den Blick auf Risiken und Nebenwirkungen ungeeigneter Forschungspraktiken verschleiert. Besonders ausgeprägt ist dieses Phänomen beim Umgang mit Labortieren, denn gerade durch Standardisierung werden Tierversuche prinzipiell zu Einzelfallstudien.



Illustr.: iStock / Akindo

„Die aus dem hier beantragten Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse gelten möglicherweise nur für die beschriebenen Versuchsbedingungen. Ob sich die Ergebnisse von uns wiederholen oder von einem unabhängigen Team in einem anderen Labor bestätigen lassen, kann anhand der hier beantragten Versuche nicht beurteilt werden.“

Stellen Sie sich diesen Abschnitt als abschließende Würdigung der Bedeutung eines Forschungsprojekts vor, zum Beispiel unter Punkt 2.5 „Weitere Angaben“ eines DFG-Projektantrags (Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG-Vordruck 53.01 – 05/16). Selbstverständlich wird kein Antragsteller, keine Antragstellerin je so etwas schreiben. Mit gutem Grund – denn kein Gutachter, keine Gutachterin könnte ein solches Projekt zur Finanzierung empfehlen.

Doch leider trifft dieser Abschnitt vermutlich auf viele Forschungsprojekte zu, insbesondere in der biomedizinischen Forschung an Tieren. Zwar vergeben die DFG, der Schweizerische Nationalfonds (SNF) oder der Österreichische Wissenschaftsfonds (FWF) Förderbeiträge im Vertrauen darauf, dass die zu erwartenden Ergebnisse reproduzierbar sein werden; einen Nachweis dafür verlangen sie allerdings nicht. Gleiches gilt für die Beurteilung von Tierversuchsanträgen mittels Schaden-Nutzen-Analyse. Reproduzierbarkeit wird zwar vorausgesetzt, eine Darlegung von Maßnahmen zu ihrer Sicherstellung wird von den Genehmigungsbehörden jedoch nicht verlangt [1]. Auch die Herausgeber wissenschaftlicher Fachzeitschriften sehen bislang keinen Anlass im Rahmen der Fachgutachten (Peer Review) nach Evidenz für die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu fragen, bevor ein Manuskript zur Publikation akzeptiert wird (– zumindest bis vor kurzem, denn als erste Fachzeitschrift hat *Nature* am 31. Mai 2017 mit einem *Life Sciences Reporting Summary* begonnen, genau dies zu tun). Dass solch systematisches „Nicht-Hinsehen“ früher oder später in einer

„Reproduzierbarkeitskrise“ münden würde, dürfte eigentlich nicht überraschen.

Das hat allerdings nichts mit arglistiger Täuschung oder gar Betrug zu tun. Die gibt es zwar auch, aber viel zu selten, als dass sie imstande wären, eine Krise von solchem Ausmaß heraufzubeschwören. Nein, die gegenwärtige Reproduzierbarkeitskrise in den biomedizinischen Wissenschaften ist Folge eines weitreichenden Konsenses unter Forschenden, welcher den Blick auf Risiken und Nebenwirkungen ungeeigneter Versuchspläne, unsorgfältiger Versuchsdurchführung, ungenügender Statistikkennntnisse und ungerechtfertigter Schlussfolgerungen ver-

»Die Daten wurden so lange „massiert“, bis sich doch noch interessante Effekte ergaben.«

schleierte. Erst jetzt, wo sich die Nebel langsam lichten und meta-wissenschaftliche Studien die Problemzonen ausleuchten, sickert diese Erkenntnis allmählich ins kollektive Bewusstsein.

Anders als mit solch einem Konsens ist die Arglosigkeit, mit der manche Forscher selbst höchst dubiose Forschungspraktiken in aller Offenheit darlegen, kaum zu erklären. So lobte etwa jüngst Brian Wansink, ein führender US-Lebensmittelwissenschaftler, in einem Blog-Beitrag (*“The Grad Student Who Never Said No”* [2]) eine seiner Doktorandinnen öffentlich für ihre „*deep data dives*“. Diese waren nichts anderes als offensichtliche Fälle von HARKing (*Hypothesizing After Results are Known*), dem nachträglichen Anpassen von Hypothesen an die Daten, und p-Hacking, der Suche nach statistisch signifikanten p-Werten ($p < 0.05$) durch multiples Testen verschiedener Variablenkombinationen. Damit wurden die Daten eines Versuchs, der keinen Behandlungseffekt ergeben hatte, so lange „massiert“, bis sich doch noch interessante – sprich: „statistisch signifikante“ – Effekte zeigten. Doch damit ist Brian Wansink bei weitem nicht der Einzige.

Wo Konsens herrscht, ist auf rasche Besserung nicht zu hoffen. Dies zeigte sich auch in einer kürzlich von uns in der Schweiz unter Forschenden durchgeführten Online-Umfrage [3]. Obwohl die Verblindung möglichst aller an einem Tierversuch beteiligten Personen eines der wichtigsten Kriterien guter Forschungspraxis darstellt, gaben mehr als die Hälfte (53 Prozent) aller Teilnehmenden freimütig an, Tierversuche generell offen, das heißt unverblindet durchzuführen. Eine Verblindung des Personals wäre zu kompliziert,

zu aufwändig oder mangels Personal gar nicht durchführbar; zudem traue man sich zu, Daten auch ohne Verblindung objektiv zu erheben – der „Kluge-Hans-Effekt“ und der „Rosenthal-Effekt“ lassen grüßen. Solche in persönlichen Gesprächen geäußerten Ausreden werfen ein Schlaglicht auf die verbreitete Geringschätzung elementarer Kriterien guter Forschungspraxis unter Forschenden.

Konsens besteht in der Wissenschaft auch in Form von willkürlichen Setzungen, die im Laufe der Zeit zu wissenschaftlicher Orthodoxie erklärt werden. Ein interessantes Beispiel hierfür ist die Standardhaltung von Labortieren. Bei Labormäusen besteht diese derzeit aus einer Kunststoffschale (üblicherweise vom Typ Makrolon II) mit Gitterdeckel, Futterpellets und Wasser *ad libitum*, Holzspänen als Einstreumaterial sowie Baumwoll-Nestlets für den Nestbau, gestapelt auf Käfigregalen in klimatisch kontrollierten Räumen unter spezifisch pathogenfreien (SPF) Bedingungen.

Die Baumwoll-Nestlets gehören in Europa allerdings erst seit 2013 dazu. Damals trat die revidierte EU Richtlinie 2010/63/EU in Kraft, verbunden mit der Auflage einer minimalen Käfiganreicherung (*Environmental Enrichment*). Davor war unter Wissenschaftlern teilweise erbittert um solches *Enrichment* gestritten worden. Ethologen hatten bei Labormäusen Verhaltensstörungen und andere Anzeichen für beeinträchtigtes Wohlergehen beobachtet. Der Ruf nach artgemäßem *Enrichment* zur Verbesserung der Standardhaltung für Labormäuse wurde zunehmend lauter. Doch viele Wissenschaftler wehrten sich vehement und ihre Kritik blieb lange Zeit eine hohe Hürde auf dem Weg zu tierfreundlicheren Haltungsbedingungen: *Environmental Enrichment* beeinträchtigt die Versuchsergebnisse und führe zu erhöhter Variation in den Versuchsergebnissen, was wiederum die Versuchstierzahlen in die Höhe treiben würde. Bemerkenswert an dieser Argumentation war nicht nur, dass es für sie weder eine theoretische Grundlage, noch empirische Evidenz gab [4]. Bemerkenswert war vor allem, was da genau verteidigt wurde.

Die Standardhaltung für Labormäuse richtete sich primär nach ökonomischen, ergonomischen und hygienischen Kriterien: günstig und platzsparend, leicht zu handhaben und gut zu reinigen. Weder die Bedürfnisse der Tiere (außer nach Futter und Wasser), noch die Qualität der Versuchsergebnisse spielten bei ihrer Konzeption eine entscheidende Rolle. Anders wären all die nachweislich durch diese Haltung verursachten Beeinträchtigungen bei Labornagetieren gar nicht zu erklären gewesen: dass Mäuse mangels elementarer Ressour-

cen Verhaltensstörungen entwickelten [5], dass sie ohne adäquates Nestbaumaterial unter chronischem Kältestress leiden [6], dass frei verfügbares Futter und mangelnde Bewegung bei Ratten Übergewicht und Glukoseintoleranz mit vorzeitiger Todesfolge verursachen [7], oder dass Tiere unter SPF-Bedingungen nicht über den Immunstatus von Neugeborenen hinauskommen [8]. Über all diese Beeinträchtigungen wurde jedoch geflissentlich hinweggesehen – mit der absurden Konsequenz, dass Maßnahmen zu ihrer Behebung (also *Environmental Enrichment*) als Bedrohung für die wissenschaftliche Qualität aufgefasst und mit „alternativen

»Das Einzige, was mit der Standardisierung (ver)schwindet, ist die Aussagekraft der Versuche.«

Fakten“ (geringere Präzision, beeinträchtigte Reproduzierbarkeit) bekämpft wurden.

Es lohnt sich, die verquere Logik hinter dieser Argumentation genauer zu betrachten. Sie entstammt einem fundamentalen Fehlschluss und dem unseligen Anspruch, Versuchstiere wie Messinstrumente zu kalibrieren. Ausgangspunkt ist die Erkenntnis, dass der Phänotyp von Tieren plastisch ist und deren Reaktionen auf Versuchsbehandlungen in Abhängigkeit von ihrem Phänotyp variieren können. Der Fehler lag im naiven Glauben, der Einfluss phänotypischer Plastizität lasse sich durch Standardisierung des Genotyps und der Umwelt aus der Welt schaffen. Doch genauso wie der Einfluss des Genotyps auf die Versuchsergebnisse nicht verschwindet, wenn nur Tiere eines einzigen Genotyps betrachtet werden, verschwindet auch der Einfluss der Umwelt nicht, wenn nur Tiere aus einer bestimmten Haltungsform untersucht werden. Das Einzige, was mit der Standardisierung (ver)schwindet, ist die Aussagekraft der Versuche. Durch die Standardisierung von Genotyp und Umwelt wird der Gültigkeitsbereich der Versuchsergebnisse unweigerlich auf diese standardisierten Bedingungen eingeschränkt. Oder anders ausgedrückt: durch Standardisierung wird ein Tierversuch zur Einzelfallstudie.

Nun könnte man annehmen, dass eine rigorose Standardisierung wenigstens der Reproduzierbarkeit förderlich sein sollte – doch genau hierin liegt der Fehlschluss [9]. Und wie bei den meisten Fehlschlüssen liegt auch diesem ein scheinbares Paradoxon zu Grunde: dass die Umwelt und damit die Ausprägung phänotypischer Merkmale in der Versuchspopulation nicht trotz, sondern ge-



Illustr.: iStock / Akindo

rade wegen der Standardisierung in jedem Versuch eine andere ist [10]. Zwar lassen sich manche Umweltfaktoren (beispielsweise Gruppengröße, Käfiggröße, Futter, Temperatur) versuchs- und laborübergreifend standardisieren. Andere dagegen (wie etwa die Mensch-Tier-Beziehung oder die Interaktion olfaktorischer, visueller und auditiver Reize) lassen sich weder innerhalb noch zwischen Labors über Versuchswiederholungen hinweg standardisieren. Wenn sich aber die Ausprägungen phänotypischer Merkmale in den Stichproben zweier ansonsten identischer Wiederholungsversuche unterscheiden, werden Äpfel mit Birnen verglichen. Unter diesen Bedingungen kann Reproduzierbarkeit der Ergebnisse nicht unbedingt erwartet werden [10].

Je rigoroser die Versuchsbedingungen standardisiert werden, desto stärker fallen nicht-standardisierbare Unterschiede zwischen Wiederholungsversuchen ins Gewicht. Es hilft auch nicht, möglichst viele Faktoren der Versuchsbedingungen (beispielsweise die Größe des Tierhaltungsraums, die Farbe der Wände oder die Farbtemperatur des Lichts) aufzulisten, um allfällige Unterschiede in den Ergebnissen nachträglich anhand bestimmter Unterschiede zwischen den Versuchen „wegzuerklären“. Solange ein Faktor nicht innerhalb eines Versuchs systematisch variiert und sein Einfluss auf die Versuchsergebnisse analysiert wird, ist sein Erklärungswert für die Versuchsergebnisse gleich null. (Aus diesem Grund sind übrigens auch sogenannte „historische Kontrollen“ – ein weiteres Argument im Arsenal gegen eine Veränderung der Standardhaltung – aus wissenschaftlicher Sicht völlig wertlos.) Genauso gut kann ein Unterschied zwischen den Versuchsergebnissen zweier Wiederholungsversuche durch Faktoren verursacht worden sein, die nicht aufgelistet

wurden, weil sie sich nicht objektiv messen lassen (etwa der Umgang der Tierpfleger mit den Tieren) – oder weil sie gar nicht erst in Betracht gezogen wurden (zum Beispiel das Geschlecht der Tierpfleger [11]).

Die Standardisierung von Tierversuchen ist längst Teil der wissenschaftlichen Orthodoxie und bestimmt damit maßgeblich die Forschungspraxis. Die Möglichkeit zur Standardisierung wird dabei gerne als Vorteil präklinischer Studien gegenüber klinischen Studien gesehen, weil in letzteren eine Standardisierung der Studienpopulation nicht

»Kein Wunder, dass Resultate aus standardisierten Laborversuchen oft nicht reproduzierbar sind.«

möglich ist. Sie ist dort allerdings auch gar nicht erwünscht, denn klinische Studien haben einen entscheidenden Vorteil: sie umfassen die natürliche Variation in der klinisch relevanten Population und sind damit *repräsentativ*. Tierversuche unter standardisierten Laborbedingungen setzen dagegen auf künstliche Uniformität. Sie sind deshalb bestenfalls für die untersuchte Population unter den herrschenden Versuchsbedingungen repräsentativ. Ob die Ergebnisse robust sind gegenüber Variation im Phänotyp der Tiere, lässt sich anhand solcher Versuche nicht beurteilen. Es sollte deshalb nicht überraschen, dass Ergebnisse aus standardisierten Laborversuchen oft nicht reproduzierbar sind.

Reproduzierbarkeit ist primär eine Frage der externen Validität beziehungsweise der Generalisierbarkeit der Ergebnisse bezogen auf die Variation, die zwischen unabhängigen Versuchswiederholungen in verschie-

denen Labors zu erwarten ist. Der Einbezug der Variation zwischen Versuchslabors in das Versuchsdesign ist somit Voraussetzung für eine Beurteilung der Reproduzierbarkeit von Ergebnissen. Nicht Standardisierung sondern Heterogenisierung der Versuchspopulation ist deshalb gefordert [12].

Der unmittelbarste Test für Reproduzierbarkeit sind Multi-Labor Studien. Anhand von publizierten Daten aus fünfzig unabhängigen präklinischen Studien zur Wirksamkeit von Hypothermie in Tiermodellen für Schlaganfall haben wir kürzlich mittels Computersimulation die Reproduzierbarkeit von Einzel-Labor-Studien und Multi-Labor-Studien miteinander verglichen. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass der Effekt der Hypothermie in Einzel-Labor-Studien sehr stark variierte und von negativen Effekten bis zu einer hundertprozentigen Verringerung des Infarkt Volumens gegenüber unbehandelten Kontrolltieren reichte. Im Gegensatz dazu variierte der Effekt in Multi-Labor-Studien mit nur drei oder vier Labors deutlich weniger stark. Zudem ergaben weniger als 50 Prozent der Einzel-Labor-Studien eine zuverlässige Schätzung der mittleren Wirksamkeit (40 Prozent geringeres Infarktvolumen; ermittelt anhand einer Meta-Analyse über alle fünfzig Originalstudien), während dies bei Multi-Labor-Studien von gleicher Stichprobengröße bei achtzig bis neunzig Prozent der Studien der Fall war.

Solche Ergebnisse verdeutlichen, in welchem Ausmaß Multi-Labor-Studien die externe Validität und Reproduzierbarkeit von Versuchsergebnissen verbessern könnten. Sie würden damit einen wirksamen Beitrag im Sinne der 3R leisten und helfen zu vermeiden, dass Tiere und Forschungsmittel für nicht-aussagekräftige Versuche verschwendet werden [13]. Multi-Labor-Studien sind geeignet, um die real existierende Variation zwischen Versuchslabors abzubilden – und sind damit besonders für präklinische Versuche im fortgeschrittenen Stadium prädestiniert. Sie sind jedoch logistisch anspruchsvoll und für Versuche in der Grundlagenforschung eher unpraktisch. Die einfachste Lösung wären unabhängige Versuchswiederholungen, um Ergebnisse zu bestätigen, bevor sie publiziert werden. Versuchswiederholungen sind allerdings nicht sehr effizient und damit aus Sicht des Tiereschutzes problematisch, da kein Tier unnötig in Tierversuchen eingesetzt werden darf. Alternativ bestehen statistische Möglichkeiten, mit denen die Ergebnisse von Einzel-Labor-Studien für die erwartete Variation zwischen Versuchslabors korrigiert werden können [14]. Diese Korrektur erfordert allerdings umfangreiche Daten, anhand de-

Referenzen

rer sich diese Variation abschätzen lässt. Eine weitere Alternative ist die systematische Heterogenisierung von Versuchspopulationen im Rahmen von Einzel-Labor-Studien [15]. Bisherige Versuche, Heterogenisierung über die Variation des Alters der Tiere oder deren Haltungsbedingungen zu erzielen, erwiesen sich allerdings als nicht ausreichend [16].

Wir sollten uns also wieder vermehrt bewusst machen, wie beschränkt die Aussagekraft von Einzelstudien grundsätzlich ist – zumal wenn es sich um Tierversuche handelt, die unter höchst unnatürlichen und rigoros standardisierten Bedingungen durchgeführt werden. Unabhängige Wiederholungsversuche oder Multi-Labor-Studien sind das Mindeste, was es braucht, um die externe Validität und Reproduzierbarkeit von Versuchsergebnissen abschätzen zu können. Angesichts der herrschenden Reproduzierbarkeitskrise wäre mehr Bescheidenheit im Umgang mit neuen Versuchsergebnissen angezeigt, und die beteiligten *Stakeholder* – Forschungsförderer, Hochschulen, Genehmigungsbehörden und Fachzeitschriften – täten gut daran, auf Evidenz für die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu pochen, statt blind darauf zu vertrauen.

Ironischerweise stehen wir damit heute wieder fast am selben Punkt, wie Robert Boyle in der Mitte des 17. Jahrhunderts, als er *Reproduzierbarkeit* als entscheidendes Krite-

»Man täte gut daran, auf Evidenz für die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu pochen, statt blind darauf zu vertrauen.«

rium zur Abgrenzung wissenschaftlicher Evidenz von Anekdoten – und damit letztlich zur Unterscheidung von Wissen und Glauben – vorschlug. Damals bedeutete dies, dass jede neue Beobachtung zuerst in einem unabhängigen Labor wiederholt werden musste, bevor sie als wissenschaftlich erhärtet akzeptiert wurde. Dieses Konzept scheint mir bis heute nichts von seiner Relevanz eingebüßt zu haben.

Zum Autor

Hanno Würbel ist Professor für Tierschutz an der Vetsuisse-Fakultät der Universität Bern.

- [1] Vogt, L., Reichlin, T.S., Nathues, C., Würbel, H. 2016. Authorization of animal experiments in Switzerland is based on confidence rather than evidence of scientific rigor, *PLOS Biology*: 14(12): e2000598.
- [2] <https://web.archive.org/web/20170312041524/http://www.brianwansink.com/phd-advice/the-grad-student-who-never-said-no>
- [3] Reichlin, T.S., Vogt, L., Würbel, H. 2016. The researchers' view – Survey on the design, conduct, and reporting of in vivo research, *PLOS ONE* 11(12): e0165999.
- [4] Wolfer, D.P., [...], Lipp, H.P. and Würbel, H. 2004. Laboratory animal welfare: cage enrichment and mouse behaviour. *Nature* 432: 821-22.
- [5] Würbel, H. 2001. Ideal homes? Housing effects on rodent brain and behaviour. *Trends Neurosci.* 24: 207-11.
- [6] Gaskill, B.N. & Garner, J.P. 2017. Stressed out: providing laboratory animals with behavioral control to reduce the physiological impacts of stress. *Lab Animal* 46, 142-45.
- [7] Martin B, Ji S, Maudsley S, Mattson MP. 2010. "Control" laboratory rodents are metabolically morbid: Why it matters. *Proc. Nat. Acad. Sci. (USA)*: 107, 6127-33.
- [8] Beura, L.K. et al. 2016 Normalizing the environment recapitulates adult human immune traits in laboratory mice. *Nature* 532: 512-16.
- [9] Würbel, H. 2000. Behaviour and the standardisation fallacy. *Nat. Genet.* 26: 263.
- [10] Voelkl, B., and Würbel, H. 2016. Reproducibility Crisis: Are We Ignoring Reaction Norms? *Trends Pharmacol. Sci.*: 37: 509-10.
- [11] Sorge, R.E. et al. 2014. Olfactory exposure to males, including men, causes stress and related analgesia in rodents. *Nat. Meth.* 11: 629-32.
- [12] Richter, S.H., Garner, J.P., Würbel, H. 2009. Environmental standardization: cure or cause of poor reproducibility in animal experiments? *Nat. Meth.* 6: 257-61.
- [13] Würbel, H. 2017. More than 3Rs: The importance of scientific validity for harm-benefit analysis of animal research. *Lab Animal* 46(4): 164-66.
- [14] Kafkafi, [...], Würbel, H., [...], S., Benjamin, Y. 2017. Addressing reproducibility in single-laboratory phenotyping experiments. *Nat. Meth.* 14: 462-63.
- [15] Richter, [...], Würbel, H. 2010. Systematic variation improves reproducibility of animal experiments. *Nat. Meth.* 7: 167-68.
- [16] Richter, S.H. et al. 2011. Effect of heterogenization on the reproducibility of mouse behaviour: a multi-laboratory study. *PLoS One* 6(1): e16461.



SD Polymerase

- Patentierte und einzigartig
- Für PCR & isothermale Amplifikation
- Whole Genome Amplifikation
- Für die Molekulardiagnostik von morgen

OneStep WGA Kit Whole Genome Amplification

- Einstufiges Protokoll
- „One-tube“-Reaktionsansatz
- Lange Amplifikate (200 bp - >3000 bp)
- Optimierte für PCR und NGS
- Für Einzelzell DNA Analyse
- Enthält SD Polymerase
- Kombiniert PCR und Multiple Strand Displacement

BIORON GmbH – The German Company
Rheinhorststraße 18
67071 Ludwigshafen • Germany
www.bioron.net • info@bioron.net

Forschungsaufenthalt im Ausland – ein Karrieresprungbrett?

VON HILDEGARD MACK, INNSBRUCK

Zahlreiche junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verbringen längere Forschungsaufenthalte im Ausland – nicht selten in der Annahme, damit unter anderem die Karriereperspektiven zu verbessern. Trifft diese Annahme in den Biowissenschaften momentan zu?

Allein die Vielzahl der Parameter, die einen Forschungsaufenthalt im Ausland charakterisieren, legt die Vermutung nahe, dass die Antwort auf diese Frage nicht für alle Konstellationen gleich ausfallen wird. Da es keine Studien gibt, die aktuell, detailliert und nach akademischen Fächern getrennt aufzeigen, *wann* in der Ausbildung man für *wie lange wohin* gehen muss, um die Ein- beziehungsweise Aufstiegschancen in *welcher* Branche *wie weit* zu erhöhen, bleibt nur die Möglichkeit, aus den allgemeinen wirtschaftlichen und forschungspolitischen Rahmenbedingungen selbst abzuschätzen, inwieweit der eigene geplante (oder bereits laufende) Auslandsaufenthalt das Erreichen der persönlichen Karriereziele erleichtern kann. Gehen wir also der Frage nach der eventuellen karrierefördernden Wirkung einer Forschungstätigkeit außerhalb des Heimatlandes lediglich für einen nicht untypischen Spezialfall nach: Postdocs in den Biowissenschaften, die für zwei oder mehr Jahre im Ausland forschen, ihren Aufenthalt selbst organisiert haben, sich im Rahmen einer Stipendienbewerbung bei einer heimischen Förderorganisation bereits vor der Abreise Gedanken über die Fortsetzung ihrer wissenschaftlichen Karrieren im Heimatland ge-

»Meine eineiige Zwillingsschwester hat es zeitgleich geschafft, zur Leiterin ihrer Forschungsprojekte zu werden – ohne auch nur die Uni zu wechseln.«

macht haben, und die ihre Zukunft in der akademischen Forschung (und Lehre) sehen.

In diesem Fall ist das Zielland sekundär, allerdings spielen die Forschungsrahmenbedingungen zu Hause eine wichtige Rolle. „Zu Hause“ ist für mich übrigens Deutschland, was erklärt, warum sich die nachfolgenden Betrachtungen überwiegend auf Deutschland beziehen. Mein momentaner, längerfristiger Aufenthalt in Österreich ist dabei nicht der Aus-

gangspunkt von Rückkehrabsichten dorthin, sondern deren unerwartetes Ergebnis nach fast neun Jahren als Doktorandin und Postdoktorandin in den Vereinigten Staaten. Selbstverständlich bestätigt meine persönliche Situation die These, die ich hier vertreten möchte, dass es für das berufliche Fortkommen nicht allein entscheidend ist, ob man im In- oder Ausland geforscht hat. Meine isogene Kontrolle (biowissenschaftlich studierte eineiige Zwillingsschwester) hat es nämlich zeitgleich mit mir geschafft, zur Leiterin ihrer eigenen Forschungsprojekte zu werden, ohne auch nur die Uni zu wechseln.

Der Eindruck, dass ein längerer Forschungsaufenthalt im Ausland die akademischen Karrierechancen erhöhen könnte, entsteht rasch bei der Lektüre entsprechender Stellenanzeigen oder der Bewerbungsvoraussetzungen für hoch dotierte Nachwuchsförderprogramme wie dem Emmy-Noether-Stipendium oder dem START-Preis. Dort ist substantielle internationale Forschungserfahrung oftmals explizit erwünscht oder sogar gefordert. Wer mindestens zwölf Monate während der Promotion oder als Postdoc im Ausland geforscht hat, erfüllt dieses Kriterium offensichtlich und hält sich somit alle Türen offen. Allerdings herrscht auf Grund systematischer Fehlentwicklungen in den letzten zwei Jahrzehnten in der biomedizinischen Forschung weltweit eine Atmosphäre, die Bruce Alberts (der Herausgeber *des Standardwerkes über die Zellbiologie*) und Kollegen in einem lesenswerten Artikel treffend als *hyperkompetitiv* bezeichnet haben: zu wenige Forschungsgelder und zu wenige akademische Stellen für zu viele qualifizierte und daran interessierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (*Rescuing US biomedical research from its systemic flaws*, PNAS 111 (16): 5773-77). Zwar bezieht sich die Diskussion von Alberts *et al.* nur auf die USA, aber erstens ist Wissenschaft in vielen Aspekten, und insbesondere auch bei der Besetzung akademischer Stellen, eine globale Angelegenheit, und zweitens bestehen die strukturellen Probleme, aus denen die Hyperkompetitivität des US-amerikanischen Systems



resultiert, in anderen Ländern ebenfalls: *Trainees* führen während ihrer Doktorarbeit oder als Postdocs auf befristeten Stellen den Großteil der Laborarbeiten aus, und somit werden vielerorts weit mehr Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ausgebildet als im akademischen und nicht-akademischen Sektor tatsächlich benötigt werden.

Folglich ist es zunächst relativ einfach, sich im Ausland eine der zahlreichen Doktoranden- oder Postdoc-Stellen zu sichern – und anschließend relativ schwierig, sich über internationa-

le Forschungserfahrung von der zahlreichen Konkurrenz um Positionen auf den nachfolgenden Karrierestufen (*Assistant Professor*/Nachwuchsgruppenleiter, *et cetera*) abzuheben. An sich kann also eine längere wissenschaftliche Tätigkeit im Ausland keinen deutlichen Karrierevorteil bringen, sondern lediglich einen potentiellen Nachteil vermeiden. Damit der Auslandsaufenthalt zum akademischen Karrieresprungbrett werden kann, müssen weitere Details „stimmen“. Insbesondere muss, wie auch bei einer Postdoktorandentätigkeit im Heimat-

land, das wissenschaftliche Profil so geschärft worden sein, dass es zu den Vorstellungen einer Forschungseinrichtung passt, die just wenn das Postdoc-Projekt vor dem Abschluss steht, Stellen zu besetzen hat.

Dadurch, dass die Zahl der verfügbaren Stellen mit steigender Karrierestufe immer geringer wird, gestaltet sich die Rückkehr ins heimische (deutsche) akademische System nach einer längeren umfassenden wissenschaftlichen Weiterqualifizierung im Ausland grundsätzlich schwieriger als der Wegzug. Aber nicht nur wegen der Stellensuche wird die Realisierung von Rückkehrabsichten zu einer echten Herausforderung. Hinzu kommt oftmals die private Situation, die sich eventuell erst während des Auslandsaufenthalts so geändert hat, dass neben den eigenen beruflichen Interessen außerdem die Interessen des Partners oder der Partnerin wie auch vielleicht von Kindern zu berücksichtigen sind. Unterstützungsangebote an Familien beziehungsweise Doppelkarrierepaare werden zwar vielerorts ausgebaut, schließen aber generell nicht den US-amerikanischen „Idealfall“ *Dual Hire* ein, den viele der betroffenen Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler vorrangig mit Doppelkarriereförderung assoziieren. Insgesamt ändert sich so für akademisch orientierte Postdocs die ursprüngliche Grundsatzfrage nach der Rückkehr sehr schnell in zwei spezifischere Fragen: „Karriere daheim – ja oder nein“ und „akademische Karriere – ja oder nein“. Diese Fragen betreffen natürlich alle Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler, egal ob sie (bislang) im In- oder Ausland tätig waren.

Letztendlich dürfte die Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Branche beziehungsweise ein bestimmtes Land immer den individuell besten Kompromiss zwischen beruflichen und privaten Ansprüchen darstellen. Um diesen individuell besten Kompromiss zu finden, braucht es, insbesondere mit Blick auf die beruflichen Aspekte, vor allen Dingen eines: fundierte und objektive Informationen. An Informationen zu Karrieremöglichkeiten aller Art in Europa (und natürlich vor Ort) mangelt es dem Wissenschaftlernachwuchs an Universitäten wie Harvard oder der University of California San Francisco definitiv nicht. Vor diesem Hintergrund möchte ich meine Meinung, dass mehrjährige Forschungsaufenthalte keinen deutlichen Karrierevorteil bringen, etwas korrigieren. Wenn sie an entsprechenden Institutionen durchgeführt werden, bringen sie nämlich deutliche Vorteile in Form eines erleichterten Zugangs zu einem enorm umfangreichen und diversen Informationsangebot. Die Schwarzen Bretter sind voll von Einladungen zu allerlei Workshops rund um Karriereplanung, akademischer und nicht-akademischer



Illustr.: iStock / Akindo

Jobsuche, Bewerbungsstrategien, *et cetera*. In den *Life Science Hubs* Boston/Cambridge und der San Francisco Bay Area bieten Firmenpräsentationen und *Networking Receptions* reichlich Gelegenheit zur ersten Kontaktaufnahme

»Vor einigen Jahren entstand der Eindruck, dass Deutschland ein Paradies für Wissenschaftler ist.«

mit Vertretern führender Pharma- und Biotech-Unternehmen, ambitionierter *Start-ups* und internationaler Strategieberatungen. Daneben stellen sich europäische Unternehmen und Forschungsförderorganisationen einmal jährlich auf der *European Career Fair* in Boston vor. Solche Veranstaltungen können zumindest wertvolle Denkanstöße liefern und eventuell dabei helfen, alternative Karrierewege überhaupt erst zu erkennen oder die Entscheidung für die akademische Karriere bewusst zu treffen.

Besonders gut informiert sind europäische Gastwissenschaftler natürlich über das Forschungsumfeld im jeweiligen Heimatland. Einen wichtigen Beitrag dazu leisten die wissenschaftlichen Diaspora-Netzwerke wie GAIN (*German Academic International Network*), ASciNA (*Austrian Scientists and Scholars in North America*) und RINA (*Research and Innovation Network Austria*) beziehungsweise zum Teil die Schweizer Regierungsinitiative *Swissnex*, die sicherstellen möchten, dass *Expats* und heimische Forschungs(förderungs)landschaft in gegenseitigem Kontakt bleiben. Diese Netzwerke richten sich explizit an alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus einem bestimmten Land, unabhängig von Fachgebiet, Karrierestufe und Tätigkeitsfeld, die sich in den USA, Kanada oder Mexiko aufhalten, egal ob dauerhaft oder zeitlich begrenzt. Dementsprechend gibt es, zumindest bei GAIN, nicht nur, aber eben auch, umfassende Informations- und Beratungsangebote für den beruflichen Wiedereinstieg in Deutschland.

Einen ersten Eindruck von der deutschen Forschungslandschaft erhält der rückkehrinteressierte Wissenschaftlernachwuchs auf der jährlichen Tagung des GAIN-Netzwerkes. Dort treffen sie in erster Linie auf hohe Repräsentanten der großen Forschungsorganisationen und -förderungsgesellschaften wie auch von rund 40 Universitäten und Fachhochschulen. Hinzu kommen regelmäßig die für Wissenschaft und Forschung zuständigen Staatssekretärinnen und Staatssekretäre beziehungsweise Ministerinnen und Minister des Bundes und einiger Länder – sowie in Jahren, in denen keine Wahlen stattfinden, Abgeordnete des

Bundestages. Dementsprechend fällt die Selbstdarstellung der deutschen Forschung in den Podiumsdiskussionen und Workshops glänzend aus. Vor einigen Jahren entstand auf der GAIN-Tagung sicherlich nicht nur beim Reporter eines bekannten Nachrichtenportals der Eindruck, dass Deutschland ein Paradies für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ist. Die Lektüre der über 150 Kommentare zum entsprechenden Artikel, die augenscheinlich ausnahmslos von (ehemals) an deutschen Hochschulen und Forschungseinrichtungen tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verfasst wurden, lässt jedoch erhebliche Zweifel an dieser Sichtweise aufkommen: Kurzzeitverträge, knappe Forschungsbudgets, Familienfeindlichkeit, übermäßige Bürokratie, steile und starre Hierarchien, akademischer Filz und daraus resultierend allgemeine Frustration passen nicht unbedingt ins Bild eines attraktiven Forschungsstandortes. Glücklicherweise kann man sich bei GAIN auch über Möglichkeiten für einen Einstieg bei Behörden, im Patentwesen, im Wissenschaftsmanagement oder in der Wirtschaft informieren. Insgesamt liefern die geschilderten traurigen Zustände allerdings eine einleuchtende Erklärung für die Feststellung einer von der Bundesregierung eingesetzten Expertenkommission, dass gerade die „Besten“ der deutschen Forschungslandschaft den Rücken kehren.

Die unterschiedlichen Beurteilungen der Forschungsbedingungen in Deutschland liegen vermutlich in den unterschiedlichen Perspektiven (Spitze versus Basis) und/oder der

enormen Heterogenität der deutschen Forschungslandschaft begründet. Unter diesen Umständen kann die für rückkehrinteressierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler logische Schlussfolgerung nur lauten, selbst zu testen, wie gut die Ein- und Aufstiegschancen beziehungsweise Arbeitsbedingungen an ausgewählten Einrichtungen in Deutschland wirklich sind – das heißt anzufangen, sich zu bewerben. Mein eigenes diesbezügliches Experiment konnte ich gleich zu Beginn durch eine erfolgreiche Parallelbewerbung in Österreich abbrechen. So beschränkt sich meine Interaktion mit deutschen Universitäten auf zwei gegensätzliche, in sich aber konsistente Erfahrungen, von denen ich nicht abschätzen kann, welche die Ausnahme beziehungsweise welche den Regelfall darstellt: Zum einen wurde dort, wo der für Rückfragen zuständige Professor nie geantwortet hatte, die Stelle nach sechs Monaten mit einem internen Bewerber besetzt, zum anderen dauerte es bei einer Universität, die Werber auf die GAIN-Tagung geschickt hatte und sich dann für einen externen Kandidaten entschied, nur acht Wochen bis zur Absage. Natürlich habe ich auch nicht nachgeprüft, ob Universitäten in Österreich grundsätzlich nur sechs Wochen benötigen, um Kandidatinnen und Kandidaten einzuladen, einzeln für Interviews einzufliegen und schließlich jemanden einzustellen.

Auch wenn es politisch noch so gewollt ist, möglichst viele „Spitzenwissenschaftler“ aus dem Ausland zurückzugewinnen kann dies nur gelingen, wenn die Wissenschaftlerinnen und



Illustr.: iStock / Akindo

Wissenschaftler und insbesondere die Universitäten ebenfalls wollen. Die Politik kann beide Seiten nur unterstützen, indem sie Strukturänderungen, die eine nachhaltige Verbesserung des Forschungsklimas versprechen, fördert und natürlich ausreichend Forschungsmittel zur Verfügung stellt. Nur dann können die Universitäten und Institute, die exzellente Kandidatinnen und Kandidaten von außerhalb rekrutieren (oder Talente aus den eigenen Reihen halten) wollen, konkurrenzfähige Angebote (gegenüber Ausland und Wirtschaft) unterbreiten. Gegenwärtig sind nur sehr wenige Forschungseinrichtungen in der Lage, den allgemeinen Wünschen nach wissenschaftlicher Unabhängigkeit (Leitung einer eigenen Arbeitsgruppe), angemessener finanzieller und personeller Ausstattung (*Start-up Package*) und Planungssicherheit (*Tenure Track*) zu entsprechen. Ob und inwieweit das neue *Tenure-Track*

»Gerade die ‚Besten‘ kehren der deutschen Forschungslandschaft den Rücken.«

Programm der deutschen Bundesregierung, das im Sommer dieses Jahres starten soll, die Situation für den rückkehrinteressierten und daheimgebliebenen Wissenschaftlernachwuchs tatsächlich verbessern wird, bleibt abzuwarten.

In Österreich gibt es theoretisch ein flächendeckendes *Tenure-Track*-ähnliches Modell seit 2009. Dessen offensichtlicher Hauptnachteil besteht darin, dass, vermutlich aus Budget-Gründen, zu wenig Gebrauch davon gemacht wird. Darüber hinaus ist das österreichische Laufbahnmodell im Vergleich zum typischen (US-amerikanischen) *Tenure-Track*-Modell unvollständig, denn es endet beim *Associate Professor*. Für eine *Full Professorship* muss nach wie vor ein Berufungsverfahren durchlaufen werden. Dies erscheint auf den ersten Blick überraschend, denn sollte nicht erstens die Einstellung eines *Assistant Professor* einer Berufung vergleichbar sein und zweitens die *Tenure Evaluation* dieselben strengen Kriterien nochmals anlegen? Aus Professorensicht liegen allerdings die *Tenure*-Kriterien häufig niedriger als die Anforderungen an einen *Full Professor*, weil sie ja mit den – beschränkten – von der Universität zur Verfügung gestellten Ressourcen erreichbar sein müssen. Großzügige *Start-up Packages* wie in den USA gibt es in Österreich nicht. Wer höher hinaus will, ist gehalten, möglichst bald nach Antritt der Laufbahnstelle eigene Fördermittel einzuwerben. Allerdings leidet das Wissenschaftssystem in Österreich unter einer starken Unterfinanzierung, sodass

die Erfolgsquoten bei Drittmittelanträgen an den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung weit unter denen anderer nationaler Fördergeber, beispielsweise der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Schweizerischen Nationalfonds, liegen. Dementsprechend erscheint der sicherere Weg auf eine österreichische Professur die Rückkehr zu einem späteren Zeitpunkt, das heißt nicht direkt im Anschluss an eine Postdoc-Tätigkeit, sondern frühestens nach dem Einwerben einer ausreichenden Anschubfinanzierung wie zum Beispiel eines ERC- oder START-Grants, oder nach einer Nachwuchsgruppenleitertätigkeit im Ausland.

Ob die Chancen, die sich aus neuen Erfahrungen und Kontakten im Ausland ergeben, das Risiko, den akademischen Anschluss im Heimatland zu verlieren überwiegen, muss jede Wissenschaftlerin und jeder Wissenschaftler selbst abwägen. Wie eingangs angedeutet, gibt es keine umfassenden Studien, die den Karriereverlauf von Nachwuchsforscherinnen und Nachwuchsforschern anhand von Ort und Dauer von Studium, Promotion und Postdoc-Tätigkeit untersuchen. Solche Studien könnten gleichzeitig Anhaltspunkte dafür liefern, ob die verbreitete Wahrnehmung unter abgewanderten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zutrifft, dass Beziehungen für den Erhalt einer Stelle in Deutschland (und Österreich und anderen europäischen Ländern) wichtiger sind als wissenschaftliche Leistung und Originalität. Bis objektive Zahlen vorliegen, besteht also der sicherste Weg darin, sich sowohl das eine als auch das andere zu erarbeiten. Dies fällt natürlich umso leichter, je tatkräftiger Mentorinnen und Mentoren oder auch die Laborkolleginnen und Laborkollegen das eigene Fortkommen unterstützen, indem sie sich nicht auf das Vermitteln des wissenschaftlichen Handwerkszeugs beschränken, sondern darüber hinaus aussagekräftige, individualisierte Empfehlungsschreiben verfassen, Kontakte herstellen, Rückmeldungen zu Projektideen, Bewerbungsunterlagen und Probevorträgen geben, und so weiter. Ob der Sprung auf die nächste (akademische oder nicht-akademische) Karrierestufe gelingt, hängt also nicht so sehr davon ab, wo man forscht – sondern mit wem.

Zur Autorin

Hildegard Mack ist Biochemikerin und leitet ihre eigene Arbeitsgruppe am Research Institute of Biomedical Aging Research der Universität Innsbruck.



Die Freiheit, mehr zu erreichen

Mit einfacher, automatisierter zellulärer Bildgebung und -analyse



Mehr Unabhängigkeit beim Mikroskopieren mit dem automatisierten Imaging-System ImageXpress Nano

- Automatisiertes Imaging ist nunmehr für jedes Labor erschwinglich
- Es bietet die nötige Auflösung, um Ihre Mikroskopie-basierten Versuche auf die nächste Stufe zu bringen
- Akquirieren, teilen und präsentieren Sie Ihre Daten – unabhängig vom Aufenthaltsort

All das mit der Zuverlässigkeit und Qualität, welche Sie von einem der führenden Anbieter im High-Content Imaging erwarten.

Erfahren Sie mehr unter de.moleculardevices.com/Nano



©2017 Molecular Devices, LLC. The trademarks used herein are the property of Molecular Devices, LLC or their respective owners. Specifications subject to change without notice.
Patents: www.moleculardevices.com/productpatents
FOR RESEARCH USE ONLY.
NOT FOR USE IN DIAGNOSTIC PROCEDURES.

„Der Weg zur Hölle ist mit guten Vorsätzen gepflastert...“

VON BJÖRN BREMBS, REGENSBURG

An den Universitäten wächst das Prekariat der befristet angestellten wissenschaftlichen Mitarbeiter. Der Wille, mit mehr unbefristeten Stellen gegenzusteuern, ist erkennbar – doch die bisherigen Reförmchen greifen nicht. Folglich müssen ganz neue Ansätze her.

Kürzlich kam mein Doktorand von einem sehr erfolgreich verlaufenen Forschungsaufenthalt an der Harvard-Universität zurück, den er sich selbst eingeworben hatte. Bis zum Anlaufen einer DFG-Beihilfe klaffte jetzt aber eine Lücke von ein paar Monaten. Zum Glück gab es noch ein Projekt, in dem ein paar Mittel übrig waren, mit denen man die Lücke hätte stopfen können. Nun will es aber die jüngste Version des Wissenschaftszeitvertragsgesetzes (WissZeitVG), dass die Mindestlaufzeit eines Vertrages der Projektlaufzeit entspricht. Somit mussten wir unseren so verdienten Mitarbeiter statt für drei Monate à etwa 1.600 Euro netto für zehn Monate à 480 Euro netto einstellen. Drei Monate mit 480€ zu überleben, war sicherlich nicht leicht – doch was sollten wir machen?

Solche Fälle sind im Wissenschaftsbetrieb mittlerweile gar nicht mehr selten, aber das WissZeitVG unterscheidet natürlich nicht zwischen Überbrückungen und ausbeuterischen Verhältnissen. *De facto* jedoch bewirkt das WissZeitVG auf diese Art manchmal Ausbeutungs-ähnliche Verhältnisse, die es ohne gar nicht geben würde.

Genauso wenig unterscheidet das WissZeitVG zwischen Projekt-geförderten Stellen und Haushaltsstellen. Im Zeitraum der „Exzellenz-Initiative“ wurden für jede unbefristete Wissenschaftler-Stelle zehn befristete Stellen geschaffen. Dies führte dazu, dass sich über die vergangenen Jahre hinweg der Befristungsanteil des wissenschaftlichen Personals an den deutschen Hochschulen immer stärker erhöht

hat. Dabei verwundert es nicht, dass über 95 Prozent der Drittmittel-Stellen befristet sind – eben aufgrund der Projektlaufzeit.

Bei den Hausstellen wurde jedoch auch umgeschichtet. Waren im Jahr 2000 noch über ein Drittel aller grundfinanzierten Mitarbeiterstellen unbefristet, waren es 2014 nicht einmal mehr ein Viertel. Gründe dafür gibt es einige. Zum einen sind unbefristete Stellen bei den Arbeitgebern, also Professoren und Universitätsleitungen, nicht sehr beliebt: erstere fürchten arbeitsscheue Klötze am Bein – letztere Altlasten bei der Emeritierung der Professoren, die die freiwerdende Stelle unattraktiv machen könnten. Zum anderen sind befristete Stellen billiger als unbefristete, so dass mit dem gleichen Geld mehr befristete Stellen geschaffen



Illustr.: iStock / Akindo

werden können. Und drittens führt die gestiegene Drittmittelfinanzierung zu erhöhten Verwaltungs-Kosten, die zulasten des Gesamt-Etats gehen. Erkennbar ist dies an der Zunahme der Verwaltungsstellen um 17 Prozent im Zeitraum der „Exzellenz-Initiative“. Folglich stellen daher die Verwaltungen die einzige Angestellten-Gruppe, die nachweislich von der „Exzellenz-Initiative“ profitierte – alle anderen sind schlechter gestellt als vorher.

Während also der Verwaltungsapparat aufgebläht wird und das Prekariat der Befristeten wächst, schrumpft auch noch der Anteil an denjenigen Stellen, auf denen das Prekariat unbefristet angestellt werden könnte. Diesen Trend hat mittlerweile auch die Bundesregierung erkannt und versucht daher mit der eingangs erwähnten Novelle des WissZeitVG gegenzusteuern.

Ein löbliches Unterfangen, das jedoch zum Scheitern verurteilt ist. Zum einen ist der Hauptzuwachs an befristeten Stellen vornehmlich aus den Projektstellen zu erklären, auf die

»Die Verwaltungen profitierten als einzige Angestellten-Gruppe von der Exzellenz-Initiative.«

man nicht unbefristet angestellt werden kann. Da diese Mittel aber ebenfalls vom Bund stammen, muss einem das WissZeitVG zwangsläufig merkwürdig anmuten: Mit der einen Hand vergibt der Bund freigiebig immer mehr Projekte mit befristeten Laufzeiten, während er mit der anderen Hand verbietet, jemanden befristet einzustellen.

Die Anzahl an Projektstellen ist so stark gewachsen, dass sie heute bereits die Anzahl der Hausstellen übertrifft – und damit das Gros des Problems darstellen. Zudem sind die meisten Hausstellen (mittlerweile über 75 Prozent) finanziell gar nicht auf Entfristung ausgelegt. Wenn ich versuchen würde, dem WissZeitVG gerecht zu werden und meine Postdocs unbefristet anzustellen, brähe in der (zu drei Vierteln unbefristet angestellten) Verwaltung schallendes Gelächter aus. Nein, wenn ich möchte, dass meine Verwaltung überhaupt einen Mitarbeiter einstellt, muss ich in den Formulare kreativ werden, um einen Befristungsgrund zu erfinden, der dem neuen WissZeitVG genügt – oder es gibt kein OK von der Verwaltung.

Bleibt also nur der verschwindend kleine Anteil an potentiell unbefristeten Hausstellen, von denen die meisten natürlich bereits vergeben sind und die, wenn sie frei werden, zum Großteil auch wieder unbefristet vergeben werden – WissZeitVG-Novelle hin oder her.

So gesehen gibt es folglich zwei Hauptursachen für die wachsende Konkurrenz im wissenschaftlichen Prekariat:

(1) Da ist erstens die Unfähigkeit von Bundes- und Landespolitikern, das föderale System so zu nutzen, dass die Mittel, die der Bund so gerne in Forschung und Entwicklung stecken möchte, auch tatsächlich bei den Landes-Beschäftigten ankommen – Stichwort: Kooperationsverbot. Der Bund möchte gerne fördern, konnte dies, solange das Kooperationsverbot galt, jedoch nur im Rahmen von Projekten, die zwangsläufig zum Aufblähen des Prekariats und der Verwaltung führten. Um diesen system-immanenten Fehler zu korrigieren, erließ der Bund das WissZeitVG, das lediglich eine Intentionsbekundung bleiben muss, da es nicht die Ursache des Fehlers angeht und folglich weitgehend erfolglos bleiben muss.

(2) Ferner sind da die Institute und ihre Leitungen, die gerne den riesigen Pool an Nachwuchs durchprobieren möchten, bis der oder die Beste gefunden worden ist. Zudem stehen sie unter dem Druck, viele Stellen schaffen zu müssen. Denn schließlich bedeuten mehr Stellen nicht nur mehr Prestige, beziehungsweise attraktive Professuren, sondern auch mehr Daten für den nächsten Antrag. Und sie lassen sich überdies noch in mehr Lehrstunden umrechnen, um das politisch gewollt miserable Betreuungsverhältnis (Stichwort: Kapazitätsberechnung!) wenigstens ein bisschen zu verbessern.

Jeder Akteur versucht also, für sich das Beste aus der Konstellation zu machen, und verschlechtert damit zunehmend die Gesamtsituation. Man kann weder dem Bund vorwerfen, sich an die Verfassung zu halten, noch den Instituten, das Beste aus einer finanziellen Unterversorgung zu machen. Wenn sich die Rahmenbedingungen nicht ändern, wird es jedoch weiter bergab gehen mit der Situation der Wissenschaftler in Deutschland. Mehrere Knoten müssen dafür platzen, manche davon haben inzwischen gordische Ausmaße.

Zunächst einmal dürften an den Instituten grundsätzlich keine Stellen mehr geschaffen werden, die nicht mit hinreichenden Mitteln zur Verdauerung ausgestattet sind. Das kann nur mit einer Aufstockung der Grundfinanzierung geschehen. Diese Mittel (oder zumindest der politische Wille) sind offensichtlich beim Bund stärker vorhanden als bei den Ländern – also sollten hier Wege gesucht werden, wie man Bundesmittel verwenden kann, um Landesstellen zu entfristen. Die neue Version des Artikel 91b des Grundgesetzes („Kooperationsverbot“) eröffnet nun solche Wege. Hier einer, der mir gefallen würde: Ich persönlich würde gerne einen Antrag schreiben, der es mir ermöglichte, meine Postdoc-Stelle zu entfristen. Wenn es diese Möglichkeit gäbe, wäre der

Schwarze Peter eindeutig bei den Instituten, die nun im Zugzwang wären und sich nicht mehr herausreden könnten, was die Anzahl unbefristeter Stellen angeht.

Insgesamt beträfe diese Situation zurzeit immerhin gut die Hälfte des wissenschaftlichen Mittelbaus. Die andere Hälfte ist projekt-finanziert und daher schwieriger zu entfristen. Würde der Bund hier unmittelbar Stellen unbefristet anbieten, würden die Institute sicherlich gleich alle eigenen Stellen abschaffen. Bundesstellen – Professuren oder Mittelbau – sind also keine Lösung. Eine von mehreren denkbaren Lösungen wäre aber, grundsätzlich nur noch Doktoranden-Stellen über Projektmittel zu finanzieren. Mittelbau-Stellen könnten nur noch als Entfristung zu einer bestehenden Hausstelle hinzu beantragt werden. Auch wenn dies die Gefahr birgt, dass mehr Menschen promovieren und das Prekariat wieder auffüllen, würde eine solche Lösung gleichzeitig auch den politischen Druck erhöhen, neue Stellen im Mittelbau wie auch bei den Professuren zu

»Mehrere Knoten müssen platzen, manche davon haben inzwischen gordische Ausmaße.«

schaffen (die ja dann für die Universitäten billiger würden).

Wie die veränderten Rahmenbedingungen auch aussehen mögen – es müssen neue Ansätze her, nicht nur Reförmchen. Momentan sieht es so aus, als müsse der Bund Mittel und Wege finden, projektunabhängig unbefristete Stellen an den Instituten zu fördern, ohne den Anreiz zu schaffen, Haushaltsstellen zu streichen. Über das WissZeitVG alleine wird er diese Stellen nicht bekommen. Bestehende, befristete Stellen statt über ein Gesetz zusätzlich auch mit Geld zu fördern, könnte zielführender sein – Zuckerbrot und Peitsche. Die bisherigen Lösungen sind zwar erkennbar wohl intendiert, wirken in der Praxis aber offensichtlich kontraproduktiv.

Zum Autor

Björn Brembs ist Professor für Neurogenetik an der Universität Regensburg und bloggt auf seinem bjoern.brembs.blog gerne über wissenschaftspolitische Themen.



Science, Fast and Slow – Über die Beschleunigung der Wissenschaft

VON RUTH MÜLLER, MÜNCHEN

Immer schneller soll die Forschung neues Wissen produzieren – in der Wissenschaft herrscht eine Dringlichkeitsrhetorik. Doch wie wirkt sich diese Beschleunigung auf das Arbeiten und Denken insbesondere von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus?

In der heutigen Wissenschaft wird *schneller* oft automatisch auch mit *besser* gleichgesetzt. Wer könnte sich schließlich schon gegen mehr Wissensgewinn in kürzerer Zeit aussprechen? Gerade wenn von der bedeutenden, ja unabdingbaren Rolle der Wissenschaft für unsere heutigen Gesellschaften gesprochen wird, wird oft zugleich die große *Dringlichkeit* thematisiert, mit der wir neues Wissen produzieren müssen: Wir müssen rasch mehr wissen, um effizienter heilen und entwickeln zu können, um andere wirtschaftlich zu übertreffen – und manchmal um schlicht als Spezies überleben zu können.

Insbesondere in einer Welt, die voller drängender globaler Herausforderungen erscheint, wie etwa dem Klimawandel, der Abnahme der Artenvielfalt oder wirtschaftlichen Krisen, wird möglichst rasanter wissenschaftlicher Fortschritt oftmals als die einzige – oder zumindest als eine sehr wichtige Antwort – auf diese Probleme dargestellt. Diese Argumentation finden wir zum Beispiel in den aktuellen wissenschaftspolitischen Dokumenten der Europäischen Union wie dem *Horizon 2020*-Pro-

»Wer könnte sich schließlich gegen mehr Wissensgewinn in kürzerer Zeit aussprechen?«

gramm, aber auch in Politikdokumenten auf nationaler und institutioneller Ebene.

Trotz dieser umfassenden Dringlichkeitsrhetorik werden gleichzeitig immer mehr Stimmen innerhalb der Wissenschaft laut, die hinterfragen, ob mehr Geschwindigkeit in der Forschung tatsächlich zielführend ist und uns dorthin bringen wird, wo wir hinwollen. Die Wissenschaft, so die Kritikerinnen und Kritiker, sei bereits jetzt von einer Kultur der Beschleunigung erfasst, die zwar eine stetig wachsende Menge an Publikationen und Forschungsanträgen hervorbringen würde, aber gleichzeitig die Zeit für fokussiertes und kreatives Denken immer mehr an den Rand drängt. Diese Befürworter einer langsameren Wis-

senschaft, einer „*Slow Science*“, befürchten, dass wissenschaftliche Forschung, die im Modus konstanter Beschleunigung operiert, zwar schnell, aber kopflos voran läuft und dabei wichtige Ziele aus den Augen verliert. „Habt Geduld mit uns, während wir denken (*Bear with us, while we think*)“, appellieren deshalb die Autorinnen und Autoren des *Slow Science Manifesto* von 2010 an ihre Leserschaft – und betonen die Notwendigkeit, Räume für langsames und sorgfältiges Nachdenken über die Prozesse und Ziele der Wissenschaft zu schaffen, um den Wissenschaftsfortschritt auch tatsächlich gesellschaftlich zielführend zu gestalten.

Meine eigene Aufmerksamkeit für wissenschaftliche Protestbewegungen wie das *Slow Science Movement* ist im Kontext meiner Forschung zu Karrierestrukturen und Arbeitsbedingungen in der Wissenschaft entstanden. Im Spezifischen habe ich erforscht, wie Bewertungssysteme und Karrierenormen in den Lebenswissenschaften die Forschungspraktiken von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern beeinflussen. Fragen von Zeit, im Sinne von Geschwindigkeit und Beschleunigung des Arbeitens, wie auch der Sorge, nicht schnell genug zu sein, spielten dabei in den Interviews, die ich als Teil eines Forschungsteams [*] mit Lebenswissenschaftlerinnen und Lebenswissenschaftlern geführt habe, eine große Rolle. Das Gefühl, man sollte eigentlich immer noch schneller arbeiten, führt dazu, dass in diesen Gesprächen immer mehr Forscherinnen und Forscher der Wissenschaft tendenziell einen zunehmenden „Geschwindigkeitsfetischismus“ (Adam 2003, S.101) unterstellten und die Sinnhaftigkeit von Beschleunigung im wissenschaftlichen Arbeiten hinterfragten.

Beschleunigung verweist dabei nicht auf irgendeine Form des erhöhten Tempos, sondern ist im Kontext einer zunehmend an Metriken orientierten Bewertungskultur in der Wissenschaft zu verstehen (Fochler und de Rijcke, 2017). Beschleunigung bezieht sich dabei auf die Erfahrung eines gesteigerten Drucks, mehr zählbare Ergebnisse pro vordefinierter Zeiteinheit zu generieren – zum Beispiel pro Jahr mehr Artikel zu schreiben, Bücher herauszugeben, Projektanträge einzureichen, Studie-

rende zu betreuen und erfolgreich zum Studienabschluss zu bringen. Während die Qualität des Produzierten dabei sicherlich immer noch eine zentrale Rolle spielt, wird dennoch die Frage nach der Quantität – wie viele zählbare Ergebnisse pro Zeiteinheit produziert wurden – immer lauter. Quantität stellt ein zunehmend wichtigeres Bewertungskriterium innerhalb der Universität dar – insbesondere in Prozessen der Einstellung, Entfristung oder Beförderung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Auch für die erfolgreiche Beantragung von Forschungsmitteln spielt der dichtgepackte und produktreiche Lebenslauf eine wichtige Rolle.

Eine Frage, die allerdings oft unbeantwortet bleibt – oder erst gar nicht gestellt wird – ist, wie sich diese Beschleunigungskultur auf die Arbeits- und Denkkulturen in der Wissenschaft auswirkt. Bleibt alles beim Alten und ist nur einfach schneller? Oder gibt es als Resultat einer zunehmenden Orientierung hin zum schnelleren Arbeiten systemische Effekte, die Forschungspraktiken in ihren sozialen und inhaltlichen Dimensionen verändern? Aus mei-

»Bringt uns mehr Geschwindigkeit in der Forschung tatsächlich dorthin, wo wir hinwollen?«

ner Forschung lassen sich zumindest zwei solcher Effekte für die Gruppe der Postdocs rekonstruieren. Postdocs sind jene heterogene Gruppe von Forscherinnen und Forschern mit Dokortitel, aber ohne langfristige oder entfristete Position in der Wissenschaft. Sie arbeiten meistens im Rahmen von relativ kurzfristigen Verträgen von ein bis drei Jahren und verstehen diese Phase meist als einen Qualifikationsschritt, um eine längerfristige Position in der Wissenschaft zu erwerben. Ihre Anzahl im wissenschaftlichen System steigt beständig – vor allem in Feldern wie den Lebenswissenschaften, die in den letzten Jahrzehnten großes Wachstum erlebt haben. Postdocs erbringen heute einen signifikanten Anteil an der

Forschungsleistung des gesamten wissenschaftlichen Systems.

In meiner Arbeit rekonstruiere ich zwei spezielle Modi des Seins, die das Leben und Arbeiten in der Postdoc-Phase in den Lebenswissenschaften angesichts des dominanten „Mehr Output pro Zeiteinheit!“-Paradigmas charakterisieren: den Modus der *Antizipativen Beschleunigung* sowie jenen der *Latenten Individualisierung*. Diese spezifischen Seins-Modi spiegeln zum einen breitere Tendenzen in unseren gegenwärtigen Gesellschaften wider, wie etwa ei-

»Lange Arbeitszeiten führen oft zu einer sehr eingeschränkten Perspektive auf das eigene Leben.«

nen starken Fokus auf die Kontrolle der Zukunft durch Antizipation in der Gegenwart (Adams, Murphy & Clarke 2009), Prozesse der Individualisierung (Beck und Beck-Gernsheim 2002) und Beschleunigung als breiteres gesellschaftliches Phänomen an sich (Rosa 2003, 2005). Zum anderen stellen sie zeitlich-soziale Orientierungen dar, die forschersche Prozesse auch in ihren inhaltlichen Dimensionen formen.

Lebenswissenschaftlerinnen und Lebenswissenschaftler arbeiten in der Postdoc-Phase oft in einem Modus, der als eine antizipative, also stark zukunftsorientierte und vorwegnehmende Form der Beschleunigung beschrieben werden kann. Sie beschleunigen ihre Arbeitspraktiken nicht nur aufgrund von konkreten Formen des Zeitdrucks – wie dem konkreten Wettbewerb mit anderen Forschenden, die zeitgleich dasselbe Thema erforschen, oder aufgrund einer bestimmten Deadline – sondern entwickeln auch eine habituelle, also ge-

Das Arbeiten im Modus der antizipativen Beschleunigung hat Auswirkungen darauf, wie Forschung inhaltlich ausgestaltet wird: Es fördert Tendenzen, Forschungsfragen und Herangehensweisen zu privilegieren, deren Ergebnisse möglichst vorhersehbar sind. Unabsehbare Projekte werden unattraktiver, selbst wenn sie inhaltlich hochinteressant wären, da unklar ist, ob sie in absehbarer Zeit zu hinreichend Publikationen führen werden.

Das Ziel des Arbeitens im Modus der antizipativen Beschleunigung ist, die eigene, als hoch unsicher erlebte Zukunft kontrollierbarer zu machen. Allgemein hin gibt es in der Wissenschaft kaum Mechanismen, um Unsicherheiten und Risiken, die an sich essentielle Aspekte der Forschung sind, kollektiv abzusichern. Wenn ein Postdoc-Projekt nicht zum Erfolg führt, dann ist es in erster Linie die Laufbahn des einzelnen Forschenden, die Schaden nimmt.

Trotz aller Anstrengungen scheitert der Versuch häufig, durch antizipative Beschleunigung ein Gefühl von Kontrolle herzustellen. Stattdessen führen lange Arbeitszeiten und hoher persönlicher Einsatz oftmals eher zu einer sehr eingeschränkten Perspektive auf das eigene Leben und die eigenen zukünftigen Möglichkeiten – und erzeugen daher einen Teufelskreis aus zunehmender emotionaler Abhängigkeit *von* und steigendem Investment *in* den eigenen Erfolg in der Wissenschaft.

Ein zweiter, verwandter Modus, der oftmals das Leben und Arbeiten als Postdoc in den Lebenswissenschaften charakterisiert, ist die latente Individualisierung. Dieser Begriff will erfassen, wie sich unter den Bedingungen von hoher internationaler Mobilität, steigendem Wettbewerb, sowie quantitativer Leistungsbewertung und der daraus resultierenden antizipativen Beschleunigung auch das Verhältnis von Forschenden zu den Gruppen und Institutionen verändert, in denen sie arbeiten. Hier spielt die relative Kurzfristigkeit wissenschaftlicher Arbeitsverträge ebenfalls eine bedeutende Rolle. Wie sich Forscherinnen und Forscher in den kollektiven sozialen Kontexten ihrer Forschung verhalten, wird stark von

ihrer Wahrnehmung beeinflusst, was für ein zukünftiges Selbst, das dann nicht mehr zu diesem Kollektiv gehört, von Vorteil sein könnte.

So bleiben Forschende in ihren Gruppen oft latent individualisiert. *Latent* beschreibt den Zustand, dass ein Ereignis zwar noch nicht eingetreten ist, aber dennoch bereits als mögliche Zukunft auf die Gegenwart einwirkt. Im Fall der Postdocs ist es meist die Vision eines zukünftigen Selbst, das sich losgelöst von der ge-

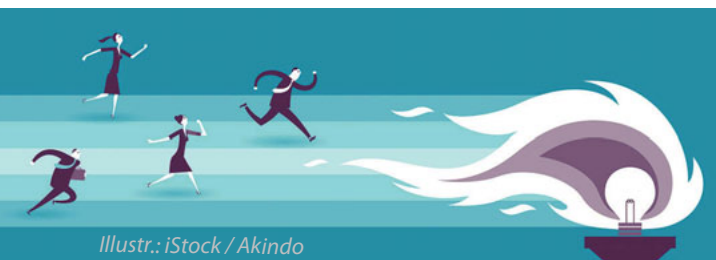
genwärtigen Gruppe auf dem internationalen akademischen Arbeitsmarkt durchsetzen muss – wodurch sie zu einem zentralen Referenzpunkt für die Handlungen und Entscheidungen in der Gegenwart wird. Das hat zur Folge, dass Postdocs oft einen gewissen Druck erleben, zu ihren gegenwärtigen Forschungsorten sowie ihren Kolleginnen und Kollegen eine möglichst instrumentelle Beziehung zu entwickeln. „Was werde ich von hier mitnehmen können, wenn ich gehe?“ wird zu einer zentralen Frage. Dies macht den gegenwärtigen For-

»Ein weiterer Effekt ist der Verlust des Gefühls für die Bedeutung der eigenen Arbeit.«

schungsort oft zu einer Ressource für eine als unsicher und individualisiert erlebte Zukunft.

In diesem Modus kann ein Labor nur dann ein guter Forschungsort sein, solange es möglich ist, dort in kurzer Zeit ausreichende und qualitativ hochwertige Ergebnisse zu produzieren. Eine Zusammenarbeit erscheint nur dann erstrebenswert, wenn sie Publikationen mit hohem Impact oder in hoher Anzahl verspricht – und das innerhalb der nächsten ein bis zwei Jahre. Die Betreuung von Doktorandinnen und Doktoranden kann nur dann als eine lohnenswerte Aufgabe wahrgenommen werden, wenn Chancen bestehen, dass sich diese Betreuungsarbeit auch in gemeinsame Publikationen umsetzen lässt. Die Bedürfnisse des zukünftigen Selbst steuern oft maßgeblich die Gegenwart lebenswissenschaftlicher Postdocs und formen die Beziehungen zu Kolleginnen und Kollegen, zu Forschungsgruppen und zu wissenschaftlichen Institutionen. Das bedeutet nicht, dass es keine Freundschaften, Loyalität und gegenseitige Unterstützung unter Forschenden gibt – im Gegenteil, ohne diese würde das Labor in den meisten Fällen nicht funktionieren. Es bedeutet aber, dass diese oft von der Kosten/Nutzen-Rechnung des „Output-pro-Zeit“-Paradigmas belastet sind.

Welche weiterreichenden Effekte könnten diese beschleunigten Modi des Lebens und Arbeitens, die spezifische „Chronopolitik“ (Felt, 2017) der Wissenschaft mit sich bringen? Wenn man Forscherinnen und Forscher zunehmend auf Basis ihrer quantifizierbaren Produktivität pro Zeiteinheit bewertet, werden sie Arbeitsgewohnheiten entwickeln, die ihnen erlauben, diese Anforderungen zu erfüllen. Basierend auf Analysen dieser Veränderungsprozesse könnte es hierdurch einmal zu einer Verringerung der Komplexität von Forschungsfragen kommen, die als bearbeitbar erscheinen; zum anderen entstehen Tendenzen, Zusammenar-



Illustr.: iStock / Akindo

wohnheitsmäßige Form der Beschleunigung. Diese Beschleunigung resultiert aus dem Gefühl, sich ständig in heftiger Konkurrenz zu befinden und daher nie genug zu schaffen – egal, wie viel man tatsächlich bewältigt. Es bleibt immer Raum für Optimierung, um sicherzustellen, dass man sich in einem unüberschaubaren Feld aus bekannter und unbekannter Konkurrenz durchsetzt – oder zumindest darin nicht untergeht.

beits-Beziehungen primär instrumentell zu gestalten. Ersteres könnte eine Bedrohung für Kreativität und Innovationskraft der Wissenschaft darstellen (Osborne, 2003; Vostal, 2016), letzteres eine Belastung für den sozialen Zusammenhalt, die Kollegialität und den Wissensaustausch in akademischen Institutionen.

Ein weiterer Effekt kann der Verlust des Gefühls für die Bedeutung der eigenen Arbeit sein, gepaart mit einer wachsenden Frustration unter Forscherinnen und Forschern. Tendenzen in diese Richtung wurden in den Interviews mit Postdocs aus den Lebenswissenschaften teilweise deutlich. Viele Forscherinnen und Forscher beginnen ihr Studium und ihre Laufbahn aufgrund einer tiefen Faszination für neues Wissen oder mit dem Bedürfnis, zum Wohl der Gesellschaft beizutragen. Konfrontiert mit der quantifizierten Beschleunigungskultur der Wissenschaft fragen sich viele, ob sie diese Interessen tatsächlich umsetzen können werden. Schließlich scheinen viele Entscheidungen in der Forschung mehr und mehr auch von den Kriterien und Dynamiken der innerwissenschaftlichen Konkurrenz geprägt – und nicht primär von inhaltlichen Parametern oder einem Fokus auf gesellschaftliche Relevanz. Der Wettlauf um die nächste Publikation scheint daher für viele nur bedingt mit ihren ursprünglichen Beweggründen, in die Wissenschaft zu gehen, zu korrespondieren.

Die Frage, warum und für wen wir eigentlich dahin sprinten, während wir forschen, steht daher mehr denn je im Raum. Ist es primär zu unserem eigenen Vorteil, für unsere Karrieren? Für das Wohl der Gesellschaft? Der Wirtschaft? Die Antworten auf diese Fragen fallen bisweilen zynisch aus. Dieser Zynismus zeigt uns aber umso mehr, dass es an der Zeit ist, diese Frage zu stellen und über grundsätzliche Werteorientierungen im wissenschaftlichen System nachzudenken.

(Dieser Essay erschien zuvor in ähnlicher, englischsprachiger Version unter dem Titel „A Culture of Speed: Anticipation, Acceleration and Individualization in Academic Science“ als Teil der Serie „Accelerated Academy“ im The Impact Blog der London School of Economics and Political Science (LSE) (11. Mai 2016). Er basiert auf folgender Publikation: Müller, Ruth (2014): *Racing for What? Anticipation and Acceleration in the Work and Career Practices of Academic Life Science Postdocs* [43 paragraphs], *Forum Qualitative Sozialforschung*, 15(3), Art. 15.

[*] Teile der Forschung wurden im Projekt „Living Changes in the Life Sciences. Tracing the ‚Ethical‘ and ‚Social‘ in Scientific Practice and Work Culture“ durchgeführt (Institut für Wissenschafts- & Technikforschung Universität Wien; 2007-2010; Projektleiterin: Ulrike Felt; Mitarbeiter/innen: Maximilian Fochler, Ruth Müller; Förderung: BMWF/GEN-AU/ELSA).

Zur Autorin

Ruth Müller ist Assistant Professor of Science and Technology Policy am Munich Center for Technology in Society (MCTS) und am Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München. Sie hat Molekulare Biologie (M.Sc.) und Soziologie (PhD) studiert.

Referenzen

- [1] Adam, Barbara (2003). *When time is money: Contested rationalities of time in the theory and practice of work*. *Theoria*, 50(102), 94-125.
- [2] Adams, Vianne; Murphy, Michelle & Clarke, Adele (2009). *Anticipation: Technoscience, life, affect, temporality*. *Subjectivity*, 28(1), 246-265.
- [3] Beck, Ulrich & Beck-Gernsheim, Elisabeth (2002). *Individualization: Institutionalized individualism and its social and political consequences*. London: Sage.
- [4] Fochler, Maximilian & de Rijcke, Sarah (2017). *Implicated in the Indicator Game? An Experimental Debate*. *Engaging Science, Technology, and Society* 3, 21-40.
- [5] Felt, Ulrike (2017). *Under the Shadow of Time: Where Indicators and Academic Values Meet*. *Engaging Science, Technology, and Society* 3, 53-63.
- [6] Osborne, Thomas (2003). *Against „creativity“: A philistine rant*. *Economy and Society*, 32(4), 507-525.
- [7] Rosa, Hartmut (2003). *Social acceleration: Ethical and political consequences of a de-synchronized highspeed society*. *Constellations*, 10(1), 3-33.
- [8] Rosa, Hartmut (2005). *Beschleunigung. Die Veränderung der Zeitstrukturen in der Moderne*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- [9] *Slow science manifesto*: <http://slow-science.org>
- [10] Vostal, Filip (2016). *Accelerating Academia: The Changing Structure of Academic Time*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

IMPRESSUM

Laborjournal 24. Jahrgang | Heft 7-8/2017

gegründet 1994
von Hanspeter Sailer †
und Kai Herfort

ISSN: 1612-8354
Einzelpreis: 3,50 Euro

Verlag und Herausgeber:

Lj-Verlag GmbH & Co. KG
Merzhauser Straße 177
D-79100 Freiburg
Fax: +49-761-35738
www.laborjournal.de

Druck & Lithos:

Hofmann Infocom GmbH
Emmericher Str. 10
90411 Nürnberg

Anzeigen:

top-ad Bernd Beutel
Schlossergäßchen 10,
D-69469 Weinheim
Tel. +49-6201-290 92-0
Fax. +49-6201-290 92-20
E-Mail: info@top-ad-online.de

Versand/Abo:

Tel. +49-761-28 68 69

Stellenanzeigen:

Ulrich Sillmann,
Tel. +49-761-29 25 885
Fax. +49-761-3 57 38
E-Mail: stellen@laborjournal.de

Kalender:

Tel. +49-761-29 25 885
E-Mail: kalender@laborjournal-online.de

Graphik/Bilder/Montagen/Layout:

Kai Herfort, Winfried Köppelle,
Ulrich Sillmann

Redaktion:

Zentrale: Tel. +49-761-28 68 93
Chefredakteur: Ralf Neumann
Tel. +49-761-29 25 884
Kai Herfort (-28 68 69)
Winfried Köppelle (-29 25 882)
Harald Zähringer (-29 25 886)
E-Mail: redaktion@laborjournal.de

Titelbild:

iStock / Akindo
Montage: Kai Herfort

Ständige MitarbeiterInnen:

Ulrich Dirnagl, Julia Eckhoff, Rafael Florés,
Kathleen Gransalke, Karin Hollricher,
Sigrid März, Juliet Merz, Andrea Pitzschke,
Mario Rembold, Chris Schlag, Larissa
Tetsch, Annette Tietz, Hans Zauner

Bankverbindung:

Fidor-Bank
IBAN: DE42 7002 2200 0020 1347 47
BIC: FDDODEMXXX



Open Access – Die Transformation gestalten!

VON HEINZ PAMPEL, POTSDAM

Der EU-Ministerrat will Open Access bis zum Jahr 2020 zum Standard des wissenschaftlichen Publizierens machen. Wissenschaftliche Einrichtungen sind jetzt gefordert, die Weichen für die Open-Access-Transformation zu stellen.

Mit der Veröffentlichung der Open-Access-Strategie des Bundesforschungsministeriums im September 2016 wurden in Deutschland nun auch auf Bundesebene die Weichen in Richtung der Transformation von Subskription zu Open Access gestellt (BMBF, 2016). Während sich in den letzten Jahren bereits einige Bundesländer mit Strategieschriften zu Open Access bekannt haben (zum Beispiel Baden-Württemberg, Berlin und Schleswig-Holstein), stand dieser Schritt auf Bundesebene bisher noch aus. Mit dieser nationalen Strategie erhalten die vielfältigen und häufig *bottom-up* entstandenen Open-Access-Aktivitäten, die Forschende, Fachgesellschaften, wissenschaftliche Einrichtungen sowie Förderorganisationen seit

vielen Jahren engagiert betreiben, den nötigen politischen Rückhalt. Diese Unterstützung ist auch dringend nötig, um sich der Zielmarke des EU-Ministerrates von hundert Prozent Open Access im Jahr 2020 annähern zu können (EU, 2017).

Die Umsetzung von Open Access gelingt nur mit langem Atem. Immerhin geht es um die Transformation eines Industriezweiges, der nach eigenen Angaben pro Jahr 2,5 Millionen Artikel in 28.000 Zeitschriften verlegt und dabei einen Umsatz von etwa zehn Milliarden US-Dollar generiert (STM, 2015).

Nach einer Studie der Max-Planck-Gesellschaft wäre eine flächendeckende Umstellung von Subskription zu Open Access auf interna-

tionaler Ebene ohne Mehrkosten möglich. Die MPG-Kolleginnen und -Kollegen sehen sogar Potenzial für Einsparungen (Schimmer, *et al.* 2015).

Die aktuell laufenden Verhandlungen der deutschen Wissenschaftsorganisationen mit Elsevier im Rahmen des DEAL-Projektes machen jedoch deutlich, wie sehr die Verlagsindustrie an ihren tradierten Geschäftsmodellen festhält und weiterhin auf Preissteigerungen setzt (<http://www.projekt-deal.de>). Vor dem Hintergrund von Elseviers skandalöser Verhandlungstaktik kann die Bedeutung des DEAL-Konsortiums gar nicht genug gewürdigt werden. Es ist bemerkenswert, dass dieses Vorhaben durch das gesamte deutsche Wissenschafts-

system unterstützt wird. Offensichtlich trifft das Motto des Verbundes der forschungsstarken Universitäten LERU, „Christmas is over. Research funding should go to research, not to publishers!“, auf enormen Widerhall in der Wissenschaft.

Die Forderung der Wissenschaft nach Open Access sollte jedoch keinesfalls auf ihre finanzielle Dimension reduziert werden. Denn, wie bereits in der richtungsweisenden „Berliner Erklärung über den offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen“ aus dem Jahr 2003 betont, stellt die konsequente Nutzung des Internets für die Generierung und Verbreitung von Wissen und Information den Kern von Open Access dar.

Über die intellektuelle Rezeption von Publikationen durch Menschen hinaus gewinnt die maschinelle Bearbeitung der Artikel für immer mehr Fächer an Bedeutung. Der Zugang über Programmschnittstellen auf Publikationen ist zur Beantwortung vieler drängender Forschungsfragen von essenzieller Bedeutung. Um beispielsweise die Beschreibung einzelner Gene aus Abertausenden von Publikationen extrahieren zu können, müssen genau die finanziellen, rechtlichen und technischen Barrieren beseitigt werden, die Open Access überwindet.

»Die maschinelle Bearbeitung von Publikationen gewinnt für immer mehr Fächer an Bedeutung.«

Die aktuellen Lobbyaktivitäten der Verlagsindustrie gegen eine Ausnahmeregelung für Text- und Datamining im Rahmen wissenschaftlicher Zwecke bei der Novellierung des EU-Copyrights machen jedoch deutlich, dass das Beharren der Verleger auf antiquierten Geschäftsmodellen die Anwendung digitaler Arbeitsmethoden hemmt. Die Forschung wird so ausgebremst – zum Nachteil der Gesellschaft.

Mit der OA2020-Initiative, die die deutschen Wissenschaftsorganisationen gemeinsam mit vielen Partnern weltweit fördern, soll die großflächige Transformation von Subskription zu Open Access im Zeitschriftenbereich auf internationaler Ebene vorangetrieben werden (<http://oa2020.org>). Diese Initiative wirkt auf jede wissenschaftliche Einrichtung in Deutschland, im Speziellen auf die Bibliotheken, die eine zentrale Rolle in der Transformation einnehmen. Schließlich geht es um die Umschichtung ihrer Etats: Mittel, die bisher für Subskriptionen ausgegeben wurden, sollen zukünftig für Publikationsgebühren (im Englischen auch Article Processing Charges, APCs genannt), über die sich viele Open-Access-Zeit-

schriften finanzieren, sowie für den Betrieb von Open-Access-Zeitschriften in akademischer Trägerschaft aufgebracht werden.

Um den Prozess der Transformation vorantreiben zu können, gilt es, folgende vier Voraussetzungen in wissenschaftlichen Einrichtungen zu schaffen:

Kooperation und Vernetzung der Wissenschaft,

Monitoring des Publikationsaufkommens,

Transparenz über Ausgaben und Kosten sowie

Standardisierung der Publikationen und der -prozesse.

Im Folgenden soll der Handlungsbedarf für Hochschulen und außeruniversitäre Einrichtungen anhand dieser vier Bereiche umrissen werden.

Kooperation und Vernetzung: Hier gilt es, den Dialog und die Entscheidungsfähigkeit auf internationaler Ebene zu verbessern. Anliegen muss es sein, gemeinsame Kriterien zur Open-Access-Transformation zu formulieren, die auf internationaler Ebene konsensfähig sind und den unterschiedlichen Publikationskulturen in den Fächern entsprechen. Ein Vorschlag für einen solchen Kriterienkatalog wurde in der Schwerpunktinitiative „Digitale Information“ der Wissenschaftsorganisationen verfasst (Bruch, et al. 2015).

Monitoring: Um mit Verlagen über die Bedingungen der Open-Access-Transformation verhandeln zu können, ist es nötig, umfassende Daten über das Publikationsaufkommen einer Einrichtung zu erheben. Hierzu muss zum Beispiel die folgende Frage beantwortet werden: Wie viele Publikationen entstanden unter Beteiligung der Institutionsangehörigen im Jahr X? Da APCs dem „Corresponding Author“ einer Publikation in Rechnung gestellt werden, gilt es darüber hinaus zu klären, an wie vielen der Publikationen einer Institution Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter als „Corresponding Authors“ im Jahr X beteiligt waren. Berücksichtigt man, dass viele Förderorganisationen, wie zum Beispiel die Europäische Kommission in Horizon 2020, Mittel zur Bezahlung von APCs bereitstellen, muss auch geklärt werden, wie viele der Artikel im Jahr X in Drittmittelprojekten entstanden sind.

Transparenz: Die von der Deutschen Initiative für Netzwerkinformation (DINI) unterstützte „Open APC Initiative“ hat das Ziel, die Ausgaben wissenschaftlicher Einrichtungen für APCs zu erfassen und offenzulegen. Über diese Open-Data-Plattform, an der sich bereits über 40 deutsche Hochschulen und außeruniversitäre Einrichtungen beteiligen, werden Publikationskosten aggregiert und öffentlich dokumentiert. Der Datensatz macht die Entwicklung von APCs seit 2014 nachvollzieh-

bar und Finanzflüsse an Verlage sichtbar (<http://openapc.github.io>). Die deutschen Wissenschaftsorganisationen unterstützen die Initiative durch den sogenannten „Appell zur Offenlegung von Publikationsgebühren“, der mittlerweile auch auf europäischer Ebene durch Science Europe mitgetragen wird.

Standardisierung: Es gilt, auf Verlage einzuwirken, damit Aufsätze in standardisierter Form maschinenlesbar publiziert werden. Nur so können Menschen und Maschinen mit den Veröffentlichungen arbeiten. Darüber hinaus müssen auch die Publikationsprozesse zwischen Verlagen und wissenschaftlichen Einrichtungen deutlich vereinfacht werden. Anliegen ist es zum Beispiel, dass Artikel nach ihrer Veröffentlichung automatisiert in Open-Access-Repositoryen und Forschungsinformationssystemen gespeichert werden und Rechnungsdaten für APCs über standardisierte Schnittstellen maschinell von Verlagen an Einrichtungen gesendet werden.

Der hier kurz skizzierte Handlungsbedarf für wissenschaftliche Einrichtungen zeigt, dass die Open-Access-Transformation vielfältige Herausforderungen mit sich bringt, die tief in wissenschaftliche Einrichtungen und ihre Prozesse wirken. Deshalb gilt es, Open Access zur

»Die Publikationsprozesse zwischen Verlagen und wissenschaftlichen Einrichtungen müssen vereinfacht werden.«

Chefsache zu machen! Wissenschaftliche Bibliotheken, die als zentrale Akteure den Transformationsprozess hin zu Open Access gestalten, benötigen die Unterstützung ihrer Einrichtungen und deren Angehörigen.

Die Wissenschaftsorganisationen haben bereits 2012 Vorschläge für die Verankerung von Open Access an wissenschaftlichen Einrichtungen gemacht und die Strategien für die aktive Gestaltung der Open-Access-Transformation beschrieben: Ausgehend von der Unterzeichnung der „Berliner Erklärung“ und der Verabschiedung einer Open-Access-Leitlinie wird vorgeschlagen, Open-Access-Beauftragte zu installieren, die den Prozess auf Leitungsebene im engen Dialog mit der jeweiligen Bibliothek vorantreiben. Diese Aktivitäten auf strategischer Ebene sollten durch operative Maßnahmen und Infrastrukturen unterstützt werden: Der Aufbau und die Vernetzung von Open-Access-Repositoryen, die Stärkung von eigenverlegerischen Aktivitäten sowie der bereits erwähnte systematische Umgang mit APCs sind zentrale Aktionsfelder, die es an wis-

senschaftlichen Einrichtungen aufzugreifen gilt (Fournier, et al. 2012).

Nur durch eine aktive und gestaltende Rolle der Wissenschaft kann der Transformationsprozess in ihrem Sinn vorangetrieben werden. Dies bedeutet auch, sich schwierigen Diskussionen zu stellen. So werden zum Beispiel in einem, durch das Geschäftsmodell der APCs geprägten, Open-Access-Publikationssystem die Ausgaben für publikationsstarke Institutionen höher sein als für Einrichtungen, bei de-

»Open Access ist nur ein Teil des breiten Diskussionsprozesses über die Öffnung der Wissenschaft.«

nen wenig publiziert wird. Vor diesem Hintergrund muss auch die strategische Frage beantwortet werden, welche Bedeutung eigenverlegerische Tätigkeiten, die in Autonomie der Wissenschaft betrieben werden, zukünftig spielen sollen. Praxisbeispiele wie *eLife* oder die *Open Library of Humanities* zeigen, dass die Wissenschaft das Publizieren auch ohne gewinnorientierte Dienstleister gestalten kann. Des Weiteren machen die jüngst gegründeten Open-Access-Journale der Bill & Me-

stehen, mitzugestalten. Eine durchaus spannende Entwicklung, da die Drittmittelgeber diejenigen Akteure sind, die mit ihren Kriterien der Mittelvergabe einen starken Einfluss auf das Publikationssystem haben.

Zu dieser Entwicklung passt, dass die Diskussion um „responsible metrics and evaluation for open science“ mit Blick auf das kommende europäische Forschungsrahmenprogramm (FP9) eine gewisse Dynamik bekommen hat. Eine Expertengruppe der EU-Kommission hat in diesem Jahr vorgeschlagen, neue und offene Metriken in den Blick zu nehmen und Maßnahmen zu ergreifen, um die Bedeutung des „Journal Impact Factor“ zu senken (EC, 2017).

Diese Empfehlung zeigt, dass der Kulturwandel hin zu Open Science deutlich an Relevanz gewinnt. So arbeitet in der Helmholtz-Gemeinschaft eine Expertengruppe an der Gestaltung dieses Prozesses. In einem Positionspapier der Forschungsorganisation werden die Vorteile von Open Science wie folgt beschrieben: „Der offene, das heißt durch möglichst wenige finanzielle, technische und rechtliche Hürden behinderte Zugang zu wissenschaftlichen Ergebnissen wie Publikationen, Forschungsdaten und wissenschaftlicher Software erweitert die Transparenz in der Wissenschaft, verbessert die Verfahren der Qualitätssicherung und erhöht durch eine verbesserte Informationsversorgung die Leistungsfähigkeit der Wissenschaft. Open Science dient somit immer auch der Verbesserung der guten wissenschaftlichen Praxis. Darüber hinaus fördert Open Science den Wissenstransfer in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.“ (Helmholtz-Gemeinschaft, 2015)

Dieses Zitat macht deutlich, dass Open Access nicht isoliert betrachtet werden sollte, sondern als Teil eines breiten Diskussionsprozesses über die Öffnung der Wissenschaft im Kontext der fortschreitenden Digitalisierung zu verstehen ist. Die Bedingungen dieser Öffnung müssen in der Wissenschaft diskutiert werden. Mit Blick auf die wissenschaftspolitische Bedeutung ist es wichtig, dass einzelne Forschende, Fachge-

sellschaften und wissenschaftliche Einrichtungen das Thema aufgreifen. Für Open Access bedeutete dies, dass die Weichen für den Transformationsprozess lokal in jeder Einrichtung gestellt werden müssen. Auf Basis dieser lokalen Positionierungen gilt es dann, im Rah-

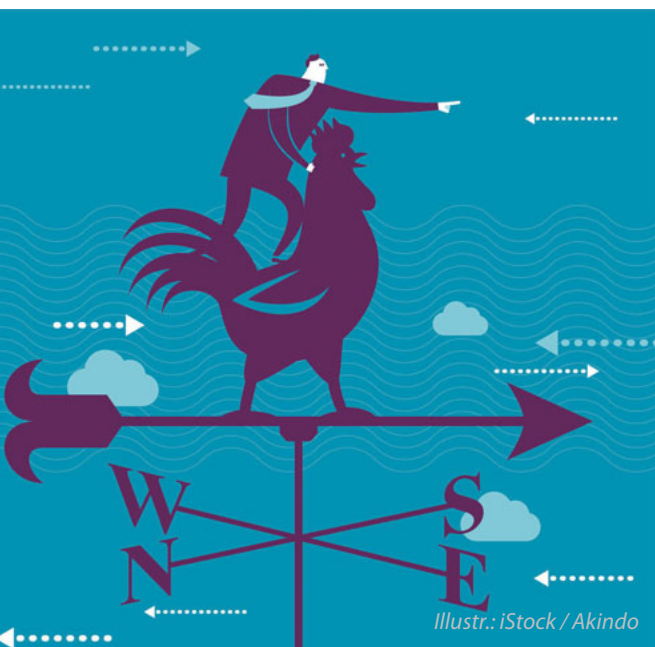
men von Konsortien (Beispiel: OA2020) der Marktmacht der Verlage kooperativ zu begegnen und die Entwicklung eines transparenten Open-Access-Publikationmarktes auf Basis gemeinsamer Kriterien voranzutreiben.

Zum Autor

Heinz Pampel arbeitet als Referent im Helmholtz Open Science Koordinationsbüro der Helmholtz-Gemeinschaft am Deutschen GeoForschungszentrum – GFZ in Potsdam.

Referenzen

- [1] BMBF, 2016: *Open Access in Deutschland*. https://www.bmbf.de/pub/Open_Access_in_Deutschland.pdf
- [2] Bruch, et al. 2015. *Positions on creating an Open Access publication market which is scholarly adequate*. <http://doi.org/10.2312/allianzoa.009>
- [3] EC, 2017. *Next-generation metrics*. <http://doi.org/10.2777/337729>
- [4] EU, 2016: *Council Conclusions on the Transition Towards an Open Science System*. <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9526-2016-INIT/en/pdf>
- [5] Fournier, et al. 2012. *Open-Access-Strategien für wissenschaftliche Einrichtungen*. <http://doi.org/10.2312/allianzoa.005>
- [6] Helmholtz-Gemeinschaft, 2015. *Open Science – Chancen, Herausforderungen und Handlungsfelder*. <http://os.helmholtz.de/open-science-in-der-helmholtz-gemeinschaft/akteure-und-ihre-rollen/arbeitskreis-open-science/selbstverstaendnis-des-arbeitskreises-open-science-der-helmholtz-gemeinschaft/>
- [7] Schimmer, et al. 2015. *Disrupting the subscription journals' business model for the necessary large-scale transformation to open access*. <http://doi.org/10.17617/1.3>
- [8] STM, 2015. *The STM Report*. http://www.stm-assoc.org/2015_02_20_STM_Report_2015.pdf



linda Gates Foundation (Gates Open Research) und des Wellcome Trust (Wellcome Open Research) deutlich, dass es auch auf Seiten der Förderorganisationen ein wachsendes Interesse gibt, Form und Format von Veröffentlichungen, die im Rahmen geförderter Projekte ent-

„All Biology Is Computational Biology“

VON FLORIAN MARKOWETZ, CAMBRIDGE

Computer-basierte Ansätze ziehen sich durch alle Aspekte der Lebenswissenschaften. Die nächste moderne Synthese in der Biologie wird mathematische, statistische und Computer-basierte Methoden zum zentralen Bestandteil der Biologieausbildung machen – und damit Biologie zu einer quantitativen Wissenschaft entwickeln.

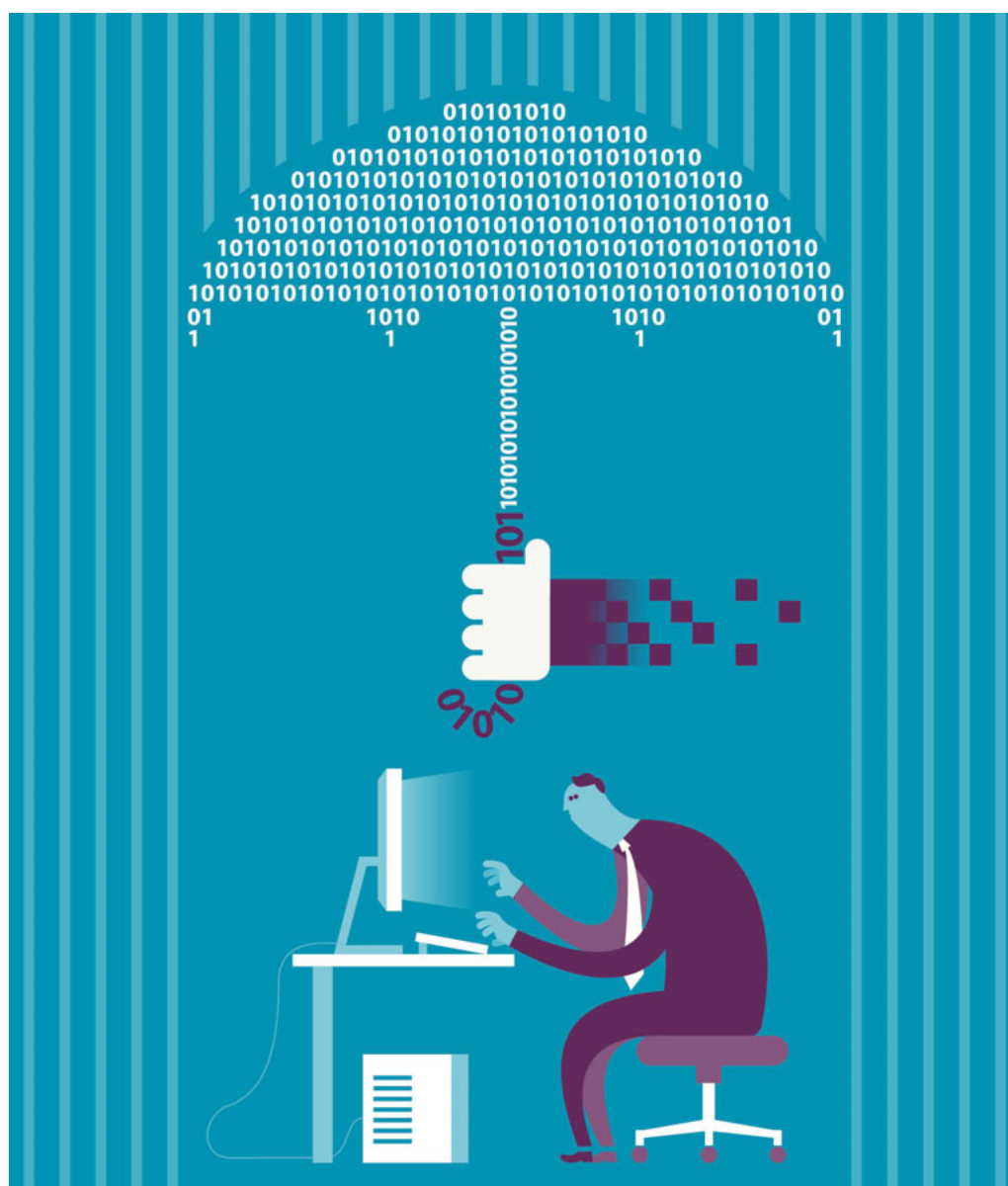
„Wie werden Leute wie du jemals Letztautoren?“ Im Jahr 2008 stellte eine führende Zellbiologin mir diese Frage während des Bewerbungsgesprächs für meinen aktuellen Job. Offenbar wusste sie nicht recht, wie ich bei Forschungsprojekten jemals eine leitende Rolle einnehmen könnte. Ich war in Mathematik und Maschinellem Lernen ausgebildet worden und hatte mich damals für eine Gruppenleiter-Stelle als *Computational Biologist* in einem Krebsforschungsinstitut beworben. Der Zellbiologin, die mich interviewte, schien allerdings nicht klar, wie mein eigener Beitrag zur biologischen Forschung aussehen könnte. Sind Computer-Hacker nicht einfach nur Dienstleister? Nett, dass man sie hat, aber ohne echte wissenschaftliche Vision? Kurzum: Sie bezweifelte stark, dass ich tatsächlich unabhängige biologische Forschung machen könnte.

»Sie bezweifelte stark, dass ich tatsächlich unabhängige biologische Forschung machen könnte.«

Sie war nicht die Letzte, die sich darum sorgte. Im Jahre 2012 hatte ich bereits mehrere Paper als Letztautor und war in der engeren Wahl für einen EMBO-Young-Investigator-Preis. Ich ging am Ende leer aus. In der Begründung nannte das Auswahlgremium meine Gruppe eine „mathematische Service-Einheit“, bemängelte „einen Mangel an tiefgehendem Verständnis der Biologie“ und glaubte „eine übermäßig starke Abhängigkeit von Kooperationspartnern“ aufgedeckt zu haben.

Im letzten Jahr bekam dann schließlich jeder einen Eindruck davon, wie schlecht die Meinung über rein Computer-basierte Arbeit in der biomedizinischen Gemeinschaft tatsächlich sein kann, als der *Chief Editor* des *New England Journal of Medicine* den Begriff der „Forschungsparasiten“ verwendete, um Bioinformatiker zu beschreiben, die Sinn aus bereits veröffentlichten Daten machen [1].

Zwar haben sich in den vergangenen zwanzig Jahren Rechner-basierte Methoden zu einem zentralen Bestandteil der Lebenswis-



Illustr.: iStock / Akindo

senschaften entwickelt, aber die obigen Beispiele zeigen dennoch, dass „Old School“-Biologen und -Kliniker – diejenigen also, die weithin über Veröffentlichungen, Förderung und Karrieren entscheiden – immer noch Unbehagen gegenüber Leuten wie mir verspüren. Gegenüber Leuten also, die in anderen Disziplinen ausgebildet wurden, die biologische Fragen verfolgen, welche sich deutlich von ihren eigenen unterscheiden, und die Ansätze verwenden, die zu einem Großteil nicht in der

biologischen Ausbildung abgedeckt sind. Wenn aber schon meine eigenen Kollegen in den *Life Sciences* nicht sehen, welche Bedeutung Computer-basierte Forschung für unser Fach hat – wie kann dann überhaupt jemand deren Wert schätzen?

Im Folgenden will ich daher darlegen, dass algorithmisches und statistisches Denken inzwischen derart zentral für die Suche nach einem Verständnis von Leben sind, dass heute sämtliche Biologie *Computational Biology* ist

(im Deutschen oft, aber nicht ganz passend Bioinformatik genannt).

„[B]iology adapted itself to the computer, not the computer to biology“, schreibt Hallam Stevens in *Life Out of Sequence* [2], seiner ethnographischen und historischen Abhandlung

»Die DNA-Sequenzierung war einst eine Nobelpreis-würdige Entwicklung. Heute macht die Computational Biology sie zu einem leicht anwendbaren Tool.«

der *Computational Biology*. Er erklärt weiter: „Computer skalieren nicht einfach nur die alte Biologie hoch, vielmehr bringen sie – beispielsweise mit Statistik, Simulation und Datenmanagement – völlig neue Werkzeuge und Möglichkeiten der Fragestellung mit sich, die die Art und Weise, wie biologische Forschung gemacht wird, komplett neu ausrichten werden.“

Ein wichtiges Beispiel dafür, wie Computer die biologische Forschung neu gestaltet haben, ist die Verwendung von Datenbanken und Ontologien. Biologisches Wissen wird heutzutage durch Techniken der Computerwissenschaft definiert, organisiert und abge-

rufen. Wenn Carl von Linné, der schwedische Botaniker und Gründungsvater der Taxonomie, heute lebte, wäre er sicher ein *Computational Biologist*. Als Botaniker würde er wohl eine führende Rolle in einem Projekt wie *transPLANT* (<http://www.transplantdb.eu/>) spielen, in dem geordnet zusammengestellt wird, was wir insgesamt über die Genotypen und Phänotypen von Kultur- und Modellpflanzen wissen. Oder Linné würde im *Gene Ontology Consortium* (<http://www.geneontology.org/>) mitarbeiten, um ein gemeinsames Begriffsverzeichnis zu schaffen, welches das biologische Wissen über die Organismengrenzen hinweg vereint. Genau wie damals Linnés *Systema Naturae* sind solche Datenbanken heute wichtige intellektuelle Beiträge zu unserem Verständnis von Leben. Jede weitere Art der biologischen Forschung baut auf diesen Grundlagen auf.

Eine weitere Art, wie Computer die Biologie umgestaltet haben, ist die Einführung von Statistik sowie Methoden der Datenanalyse. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Verständnis darüber, wie Mutationsprozesse Genome prägen [3]. Mutationsprozesse – sei es ausgelöst durch Zigarettenrauch, Sonnenlicht oder Defekte in der homologen Rekombination – sind in einzelnen Mutationen nicht erkennbar, sondern nur im Rahmen globaler Mutationsmuster. Wie oft wurde etwa ein C in ein T umgewandelt? Wie stark hängt diese Häufigkeit von

den Nachbar-Nukleotiden der mutierten Base ab? Wie hoch ist der Anteil an dieser Häufigkeit, der durch andere Prozesse im Genom erklärt werden kann – etwa Replikations-Timing? Die Beantwortung dieser Fragen hilft uns, grundlegende Eigenschaften der Mutationsprozesse zu verstehen, die in den Zellen aktiv

»Computer-Biologen‘ sind nichts anderes als Biologen mit einem anderen Werkzeug.«

sind. Und dies wiederum ist nur möglich durch die Anwendung statistischer Techniken, die Muster und Korrelationen identifizieren.

Diese Arten von Analysen benötigen natürlich große Datensammlungen – und so ist der Erfolg der *Computational Biology* eng verknüpft mit den Leistungen der groß angelegten Initiativen, die Genotypen und Phänotypen von Modellorganismen und Menschen erfassen. Eines der ersten Beispiele, welches das Leistungsvermögen Computer- und rechnergestützter Ansätze hervorhob, war die Sequenzierung des menschlichen Genoms, die zeigte, mit welcher hohen Effizienz bioinformatische *Alignment-* und *Scaffolding-*Methoden in der Lage waren, die durch die *Shotgun-*Sequenzierung erzeugten DNA-Fragmente zu langen Sequenzen zusammenzubauen [4]. Entsprechend greifen auch die modernen *Next-Generation-Sequencing-*Techniken von heute komplett auf die Fortschritte in der *Computational Biology* zurück, um die riesigen Mengen der erhaltenen Sequenzschnipsel zu analysieren [5]. Die DNA-Sequenzierung war einst eine Nobelpreis-würdige Entwicklung. Heute macht die *Computational Biology* sie zu einem breit verfügbaren und leicht anwendbaren Tool sowohl in der Grundlagen-Biologie als auch in der medizinische Forschung – und revolutioniert damit, was wir über Gewebe und einzelne Zellen wissen.

Durch das Kombinieren großer Datensammlungen mit Datenbanken und Statistiken liefert die *Computational Biology* eine Referenzkarte für die Biologie – einen Atlas des Lebens, der die einzelnen Erkenntnisse zusammenführt. Diese Karte hat nicht die Auflösung, wie sie etwa *Google Street View* zur Verfügung stellt, vielmehr ist es eine Karte wie diejenigen von Columbus, Magellan oder Vasco da Gama – allesamt unerschrockene Entdecker auf der Suche nach Abenteuer. Die Karte bietet zwar einen allgemeinen Überblick, aber viele Gegendern sind noch skizzenhaft, während andere wichtige Teile sogar noch ganz fehlen und auf Entdeckung warten. „*Hic sunt dracones*



Illustr.: iStock / Akindo

(Hier sind Drachen)“ stand damals für solche Teile auf den Karten. Dennoch bietet selbst bei all den weißen Flecken die Karte einen unentbehrlichen Leitfadens: Der von der *Computational Biology* bereitgestellte Atlas des Lebens bildet den Hintergrund für die Planung, Durchführung und Interpretation all der vielen zielgerichteten Experimente, welche die nicht-kartierten Bereiche untersuchen und damit die Grenzen des biologischen Wissens erweitern sollen.

Weiterhin haben Computer die Biologie schließlich neu gestaltet, indem sie zuvor unscharfe Konzepte präzisiert und testbar gemacht haben. Hier ein Beispiel aus meiner eigenen Forschung: Seit Jahrzehnten diskutieren Krebsforscher die Idee, dass die genetische Heterogenität unter den Zellen des gleichen Tumors dazu beiträgt, eine Krebserkrankung therapieresistent zu machen [6]. Es ist eine einfache Idee: Je vielfältiger die Zellpopulation ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass eine Teilmenge der Zellen resistent gegen die Therapie ist – und dass diese am Ende dafür sorgt, dass der Tumor wieder nachwachsen kann, nachdem alle anderen Zellen getötet wurden.

Aber wie kann man „genetische Heterogenität“ genau messen, und wie groß ist ihr Einfluss auf die Resistenzentwicklung? Um diese Fragen zu beantworten, mussten wir die Idee in eine testbare Hypothese umwandeln. Wir verwendeten genomische Ansätze, um an verschiedenen Stellen innerhalb eines Patienten Änderungen in den Krebsgenomen zu messen. Mittels der Ergebnisse definierten wir quantitative Maßeinheiten für die Heterogenität, die wir statistisch mit klinischen Daten zur Behandlungsresistenz des Tumors vergleichen konnten. Und in der Tat fanden wir auf diese Weise Belege für die ursprüngliche Idee, dass die Heterogenität den Grad der Resistenz festlegt [7].

Dies ist nur eines von vielen Beispielen, in denen ein quantitativer Computer-gestützter Ansatz erforderlich war, um eine unscharfe Idee in eine testbare Hypothese zu überführen. Das Fazit daher: *Computational Biology* zeichnet sich dadurch aus, dass sie aus riesigen Mengen an komplexen Daten etwas herausdestilliert, das im Nasslabor getestet werden kann – womit sie unmittelbar die Richtung für experimentelle Folgestrategien vorgibt.

Pipetten-Biologe. Mikroskopie-Biologe. Zellkultur-Biologe. Hat irgendjemand jemals Jobtitel dieser Art gehört? Nein, natürlich nicht – alle sind Biologen! Was zählt, sind die Fragen, die sie stellen – und nicht die Werkzeuge, die sie nutzen. Folglich sind „Computer-Biologen“ nichts anderes als Biologen mit einem anderen Werkzeug.

Die nächste moderne Synthese in der Biologie wird von der Integration mathemati-

scher, statistischer und informatischer Methoden in die biologische Grundausbildung angetrieben. Diese wird sich mehr und mehr der Ausbildung in Physik angleichen – und das Vermitteln experimenteller Techniken mit mathematischer Theorie und Datenanalyse kombinieren. Und spätestens dann werden auch „Old School“-Biologen die *Computational Biologists* als welche der ihren ansehen.

(Die englische Originalversion dieses Essays veröffentlichte Florian Markowetz bereits im März 2017 in *PLoS Biology*, 15(3): e2002050.)

Zum Autor

Florian Markowetz ist ein deutscher *Computational Biologist* und Gruppenleiter am *Cancer Research UK Cambridge Institute*.

Referenzen

- [1] Longo D.L. and Drazen J.M., *Editorial Data Sharing*. *N Engl J Med* 374: 276-7.
- [2] Stevens Hallam, *Life Out of Sequence: A Data-Driven History of Bioinformatics*. The University of Chicago Press; 2013.
- [3] Alexandrov L. B. et al., *Signatures of mutational processes in human cancers*. *Nature* 500(7463): 415-21.
- [4] Weber J.L. and Myers E.W., *Human whole-genome shotgun sequencing*. *Genome Res.* 7(5): 401-9.
- [5] Flicek P. and Birney E., *Sense from sequence reads: methods for alignment and assembly*. *Nat Methods* 6(11 Suppl): S6–S12.
- [6] Nowell P.C., *The clonal evolution of tumor cell populations*. *Science* 194(4260): 23-8.
- [7] Schwarz R.F. et al. *Spatial and temporal heterogeneity in high-grade serous ovarian cancer: a phylogenetic analysis*. *PLoS Med.* 12(2): e1001789.

PreSens
PRECISION SENSING

O₂ pH CO₂

NEW

VisiSens TD - Detect up to three analytes with one system

Modular VisiSens TD
2D Sensor Imaging
System

O₂ pH CO₂

www.PreSens.de

Genome Editing – Die Revolution der Biotechnologie

VON JÖRG HACKER, HALLE (SAALE)

Genchirurgische Techniken mittels CRISPR-Cas und Co. erlauben Eingriffe in das Genom von enormer Präzision. Die Chancen, die sich damit in Medizin und Pflanzenzucht bieten, sind groß – genauso wie die Herausforderungen und Risiken. Aufgabe der Wissenschaft und ihrer Organisationen ist es, daran mitzuarbeiten, dass beides mit differenziertem Blick gegeneinander abgewogen wird.

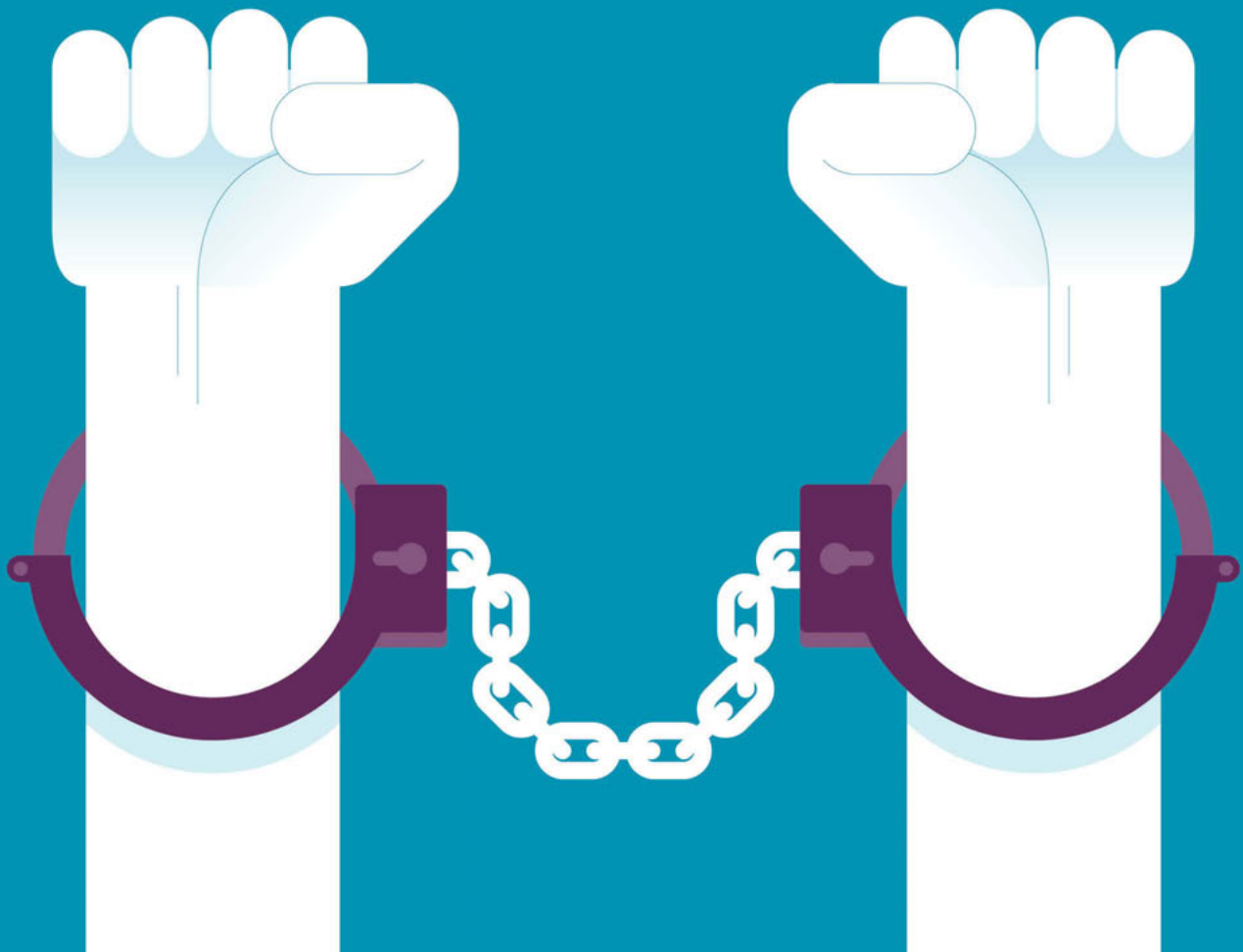
Wir erleben seit einigen Jahren eine rasante, Technologie-getriebene Revolution in der molekularbiologischen Forschung durch die Anwendung einer neuen Präzisions-Genetechnik – häufig als Genome Editing oder auch Genom-Chirurgie bezeichnet. Diese Revolution wird weitreichende Konsequenzen für unsere Gesellschaft haben. Einerseits machen wir enorme Fortschritte in unserem stetig wachsenden Verständnis der hochkomplexen Grundlagen des Lebens, andererseits wird unsere Verantwortung bei der immer gezielteren Einflussnahme auf den Bauplan und die Vorgänge des Lebens ständig herausfordernder.

Genome Editing basiert auf den großen Fortschritten, welche die Lebenswissenschaften in den vergangenen Jahrzehnten gemacht haben. Die Biologie hat sich schon immer für den Ursprung und die Mechanismen von dem, was wir als *Leben* bezeichnen, interessiert. James Watson und Francis Crick konnten 1953 zeigen, wie die stoffliche Grundlage der Vererbung, die DNA, als Doppel-Helix aufgebaut ist. Sie legten damit die Grundlagen zur Entschlüsselung des Codes für den Bauplan des Lebens. Werner Arber und seine Mitstreiter fanden dann in den 1970er Jahren heraus, dass es Genschere, Restriktionsendonukleasen, gibt, wel-

che die DNA an bestimmten Stellen schneiden.

Neben diesen Genschere, deren Einsatz damals noch recht limitiert war, wurden weitere Enzyme entdeckt, die die Enden der geschnittenen DNA wieder zusammenfügen, so dass es erstmals möglich wurde, gezielt Gene zu verändern oder von einer Spezies in eine andere zu übertragen. So konnte schon sehr früh das Gen für menschliches Insulin in *Escherichia coli* vermehrt werden, um dieses Hormon für die Diabetes-Behandlung zu produzieren.

Die damals entstandene „klassische“ Gentechnik hat sich als sehr sicheres Werkzeug für die biologische Grundlagenforschung und für



die Anwendung erwiesen. Neben gentechnisch hergestelltem Insulin sind die Produkte der klassischen Gentechnik längst mannigfaltig in unserem Alltag angekommen – man denke etwa an Waschmittel und Nahrungsergänzungsmittel.

Insbesondere die sogenannte „Rote Gentechnik“ mit der Stoßrichtung medizinischer Anwendung hat eine große Zahl von Medikamenten hervorgebracht. Beispielsweise kann man mit ihrer Hilfe Infektionen verhindern – wie geschehen bei der Hepatitis-Schutzimpfung. Auch in der Krebstherapie werden gentechnisch hergestellte Wirkstoffe angewendet. In Deutschland sind momentan mehr als 150 unterschiedliche Wirkstoffe in über 200 Medikamenten zugelassen, die mittels gentechnischer Verfahren hergestellt werden. Die „Rote Gentechnik“ erfreut sich in der Bevölkerung großer Zustimmung.

Dies gilt für die „Grüne Gentechnik“, also der Anwendung in der Pflanzenzüchtung, nicht. In Deutschland und in anderen Staaten der Europäischen Union wird sehr kritisch hinterfragt, warum es eigentlich nötig sei, in unseren Regionen Gentechnik einzusetzen. Gezielte menschengemachte genetische Veränderungen bei Nutzpflanzen, beispielsweise die Übertragung von Genen aus einer Spezies in eine andere, werden hier mehrheitlich abgelehnt, da sie als „unnatürlich“ und besonders risikoreich empfunden werden. In anderen Teilen der Welt aber ist die Grüne Gentechnik seit vielen Jahren weit verbreitet und akzeptiert. Dort wurde etwa die Resistenz von Pflanzen gegenüber Schädlingen, wie etwa Fraßinsekten, Mehltau oder bestimmten Bodenbakterien, erhöht. Oder es wurde die Zusammensetzung von Vitaminen, wie dem Provitamin A im sogenannten Goldenen Reis, und Speicherprodukten, wie Fettsäuren und Stärke in Kartoffeln, angepasst.

»Spezifische Risiken von gentechnisch veränderten Organismen für Mensch und Umwelt konnten bisher nicht wissenschaftlich bestätigt werden.«

Gentechnisch veränderte Organismen (GVO) wurden 2015 auf circa 13 Prozent des weltweit bearbeiteten Ackerlandes (180 Millionen Hektar) angebaut. Wissenschaftlich erhobene Daten zeigen, dass bei passenden Standortbedingungen und richtigen Anbaumethoden der Einsatz von diesen GMO in Ertragssteigerungen, höheren Einkommen für die Landwirte und einem verringerten Einsatz von In-

sektiziden resultieren kann. Spezifische Risiken von GMO für Mensch und Umwelt konnten bisher nicht wissenschaftlich bestätigt werden. Der internationale Trend zu vermehrtem GMO-Anbau ist klar erkennbar; er steht jedoch im Gegensatz zur politisch-rechtlichen Situation in vielen Ländern, insbesondere in Deutschland, wo inzwischen weder Feldversuche noch kommerzieller Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen stattfinden.

Was ist aber nun das Besondere der neuen Werkzeuge der Präzisions-Gentechnik, allen voran CRISPR-Cas (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/CRISPR associated*)? Die Antwort ist leicht: die neuen Genscheren sind nahezu beliebig auf bestimmte Zielsequenzen programmierbar und zudem universell, also bei sehr vielen Organismen, einsetzbar. Sie arbeiten weitaus präziser als konventionelle Techniken, sie können vollständig wieder aus dem Genom entfernt werden, ohne Spuren zu hinterlassen, und sie sind in der Lage, eine große Zahl von Genen zeitsparend und sehr effizient zu verändern.

Seit langem ist bekannt, dass Bakterien von Bakteriophagen abgetötet werden können. Allerdings werden einige Bakterien unter bestimmten Bedingungen resistent gegen diese Viren. Wie sich später herausgestellt hat, ist die Resistenz durch das Wirken des CRISPR-Cas-Systems bedingt, welches die Erbsubstanz der Viren erkennen, gezielt zerschneiden und damit neutralisieren kann. Somit fungiert das CRISPR-Cas-System als bakterielles Immunsystem.

Die beiden Wissenschaftlerinnen Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna konnten 2012 zeigen, dass der Krankheitserreger *Streptococcus pyogenes* eine besonders effiziente Variante mit dem Namen „CRISPR-Cas9“ bildet. Den beiden Pionierinnen des Genome Editing gelang es erstmals, CRISPR-Cas9 als molekulares Werkzeug *in vitro* einzusetzen. Dies ist ein besonders beeindruckendes Beispiel dafür, wie aus neugiergetriebener Grundlagenforschung in kurzer Zeit eine der bedeutendsten biotechnologischen Anwendungen des Jahrhunderts hervorgehen kann. Neben CRISPR-Cas9 waren allerdings seit einigen Jahren auch weitere programmierbare Genscheren bekannt, wie etwa TALENs sowie Zinkfinger-nukleasen, deren Anwendung allerdings kosten- und zeitintensiver ist.

Es ist eine der zentralen Aufgaben der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, die Politik und Öffentlichkeit zu gesellschaftlichen Herausforderungen, die durch wissenschaftliche Entwicklungen hervorgerufen werden, möglichst neutral und wissenschaftsbasiert zu beraten. Die Leopoldina beschäftigt sich daher auch seit längerem mit Fortschritten der Biotechnologie und veröf-

fentlicht regelmäßig Stellungnahmen mit konkretem Bezug zum Thema. So haben die deutschen Wissenschaftsakademien unter Federführung der Leopoldina in ihrer Stellungnahme zu den neuen molekularen Züchtungsmethoden im März 2015 erstmals über die neuen Methoden des Genome Editing informiert und Empfehlungen ausgesprochen. Im September 2015 haben die Akademien dann zusammen mit der DFG in der Stellungnahme „Chancen und Grenzen des *genome editing*“ ausführlich

»Es ist daher fraglich, ob der (...) Regelungsansatz des deutschen und europäischen Gentechnikrechts überhaupt noch praktikabel und zweckmäßig ist.«

über die aussichtsreichen Potentiale des Genome Editing, insbesondere erste Fortschritte bei der Anwendung an menschlichen Zellen, informiert.

Genom-editierte Agrarprodukte sind heute bereits bis zur Marktreife entwickelt worden. Im Ergebnis ist dabei häufig nicht mehr nachvollziehbar, ob die Veränderung in den neuen Sorten die Folge einer natürlichen Mutation, einer konventionellen Züchtungsmethode oder eines gezielten molekularbiologischen Eingriffs ist. So werden in den USA bereits Genom-editierte Champignons und Maispflanzen wie konventionell gezüchtete Sorten reguliert und angebaut. Für das deutsche und europäische Gentechnikrecht ist aber gerade die Unterscheidbarkeit von „natürlichen“ Veränderungen und solchen, die auf „nicht-natürlichen“ Wege erreicht werden können, ein zentrales Element. Es ist daher fraglich, ob der vorrangig an bestimmte Verfahren der genetischen Veränderung anknüpfende Regelungsansatz des deutschen und europäischen Gentechnikrechts überhaupt noch praktikabel und zweckmäßig ist. In vielerlei Hinsicht erscheint eine Bewertung und entsprechende Regelung der spezifischen Eigenschaften der Produkte einer molekularen Züchtung beziehungsweise der konkreten Inhaltstoffe von resultierenden Nahrungsmitteln weitaus sinnvoller.

Die Wissenschaftsakademien haben sich im März 2015 auch zur neuen Opt-Out-Klausel in Richtlinie 2001/18/EG der Europäischen Union geäußert. Diese Richtlinie stellt es den Mitgliedstaaten seit April 2015 frei, nationale Anbauverbote oder -beschränkungen für bestimmte GMO zu erlassen, selbst wenn diese naturwissenschaftlich als unbedenklich eingestuft und in der EU zugelassen sind. In Deutschland werden von mehreren Seiten seit

Jahren pauschale und bundesweite Anbauverbote für GVO gefordert. Im Oktober 2016 wurde nun von der Bundesregierung ein dementsprechender Gesetzentwurf zur Umsetzung der Opt-Out-Klausel vorgelegt, der die Zuständigkeit für derartige Anbauverbote auf die Bundesebene legt, wenn die Mehrheit der Bundesländer zugestimmt hat.

Die Wissenschaftsakademien weisen ausdrücklich darauf hin, dass sie durch pauschale, insbesondere naturwissenschaftlich unbegründete Anbauverbote in Deutschland die Forschungs- und Berufsfreiheit, den Schutz des Eigentums sowie die allgemeine Handlungsfreiheit und damit die Chancen der Erforschung, Weiterentwicklung und kommerziel-

»Man sollte mit Heilversprechen weiterhin zurückhaltend sein.«

len Nutzung der Grünen Gentechnik akut bedroht sehen. Es sollte in diesem Zusammenhang auch betont werden, dass der europäische Gesetzgeber vor Jahren unter anderem die Ausnahmeregelung getroffen hat, dass Organismen, deren Erbgut mithilfe radioaktiver Bestrahlung oder chemischer Substanzen verändert wird, nicht als gentechnisch verändert gelten. Bei diesen seit Jahrzehnten praktizierten, als *konventionelle* oder sogar *natürliche* Züchtung eingeordneten zeitaufwändigen Verfahren entstehen häufig viele Tausend über das gesamte Erbgut der Kulturpflanzen verteilte zufällige Mutationen, von denen in der Regel nur ein verschwindend geringer Anteil letztlich für die erwünschten Züchtungserfolge verantwortlich ist. Eine Vielzahl der heute allgemein akzeptierten Kulturpflanzen, wie etwa Gerste, Weizen oder auch Pflanzen wie der Grapefruit-Baum, wurde auf diese Weise gezüchtet, so dass Verbraucher tagtäglich umfassend erbgutverändertes Getreide, Obst und Gemüse konsumieren; Produkte also, die im Sinne des Gentechnikgesetzes jedoch nicht als gentechnisch verändert gelten.

Hier bieten die Methoden des Genome Editing weitaus kontrollierbarere und effizientere Möglichkeiten der Züchtung. Deren Forschungs- und Anwendungsperspektive ist allerdings in Anbetracht aktueller Entwicklungen in Deutschland stark in Frage gestellt ist. Ob damit auch die Chancen vertan werden, den zukünftigen verantwortungsvollen Umgang mit diesen Technologien in Deutschland maßgeblich mitzugestalten, sollte vorurteilsfrei und kritisch abgewogen werden.

Im Zusammenhang mit dem Genome Editing gibt es einen Aspekt, der gesondert betrachtet werden muss: sogenannte *Gene Drive*

ves, die nun mithilfe des Genome Editing erstmals in den Bereich des Möglichen rücken. Hier wird Erbmaterial auf der Basis von CRISPR-Cas9 in das Genom von sich geschlechtlich vermehrenden Tieren oder Pflanzen eingefügt. Dieses Erbmaterial kann sich – zumindest unter Laborbedingungen – mit hoher Effizienz unter den Nachkommen einer bestimmten Art und damit in den folgenden Generationen über eine gesamte Population dieser Spezies verbreiten. Eine der praktischen Ideen hierbei ist, die Überträger von Infektionserregern, sogenannte Vektoren, gegen ebenjene Erreger resistent zu machen oder ganz auszuschalten.

Ein solcher Vektor könnte die *Aedes*-Mücke, auch Gelbfiebermücke genannt, sein, die Zika-Viren auf den Menschen überträgt. Die Viren werden unter anderem in Zusammenhang mit weltweit auftretenden Missbildungen bei Neugeborenen gebracht. Auch eine Anwendung des *Gene Drive* bei der *Anopheles*-Mücke, dem Überträger des Malaria-Erregers, wird intensiv erforscht. So könnte es zu einer Reduktion der momentan durch die Malaria jährlich verursachten 430.000 Todesfälle kommen. Allerdings zeigen neuere Ergebnisse auch, dass die genetische Vielfalt sowie Evolutionsprozesse in Wildtierpopulationen auch schnell zu einer Anreicherung von Individuen führen können, die resistent gegenüber *Gene Drives* sind.

Auch die ökologischen Auswirkungen der Freisetzung derart genetisch veränderter Insekten ist bisher kaum abschätzbar. Die für eine Freisetzung erforderliche biologische Sicherheitsforschung und Risikoabschätzung stellen eine große Herausforderung dar. Zudem ist auch die Entwicklung entsprechender Rückholmaßnahmen geboten. Hier sollte neben klassischen Risikobewertungen für die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen unbedingt auch der potentielle Nutzen solcher innovativer Möglichkeiten der Infektionsprophylaxe bedacht werden. Die Leopoldina wird Fragen wie diese auf ihrer Jahresversammlung im September unter dem Titel: „Veränderbarkeit des Genoms – Herausforderungen für die Zukunft“ intensiv behandeln und diskutieren.

Wie bereits erwähnt, betrifft die Revolution durch das Genome Editing auch die Biomedizin, denn sie birgt ein großes wissenschaftliches Potential für die Erforschung von genetisch bedingten Erkrankungen und die Entwicklung ganz neuer Therapieansätze. Hinsichtlich der anspruchsvollen ethisch-juristischen und sozialpolitischen Abwägungen des Genome Editing beim Menschen möchte ich hiermit auf die ausführliche Stellungnahme „Genomchirurgie beim Menschen – zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie“ (2015) der interdisziplinären Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften hinweisen.

denburgischen Akademie der Wissenschaften hinweisen.

Für die Behandlung von monogenen Erkrankungen, das heißt solchen, die auf einem Defekt in einem einzelnen Gen beruhen, werden durch die neuen Methoden große Fortschritte erwartet – so wie es einst im Zuge der ersten klinischen Versuche zur Gentherapie beim Menschen in den 1980er Jahren der Fall war. Damals verwendete man noch recht unspezifisch genverändernde Virusvektoren. Die großen, teils überzogenen Hoffnungen, die Wissenschaftler damals bei Patienten weckten, wurden leider bisher kaum erfüllt, und es zeigten sich unvorhergesehene Nebenwirkungen. Ein ähnliches Bild bietet bisher die Anwendung von Stammzellen in der regenerativen Therapie.

Man sollte daher mit Heilversprechen weiterhin zurückhaltend sein. Die Anwendung von CRISPR-Cas9 ist zwar einfach, zielgenau und vergleichsweise kostengünstig. Dennoch ist die Voraussetzung für sichere genchirurgische Eingriffe beim Menschen zunächst auch ein hinreichendes Verständnis von den Wechselbeziehungen in sehr komplexen Systemen. Dafür bedarf es zunächst noch weiterer sorgfältiger Grundlagenforschung und umfassender klinischer Studien.

Bei der somatischen Gentherapie mittels Genome Editing sind die Veränderungen wegen der Beschränkung auf Körperzellen in der Regel nicht erblich, und wir sind der therapeutischen Anwendung beim Menschen schon

»Jede gezielte Keimbahnveränderung mit Auswirkungen auf einen später geborenen Menschen sollte beim derzeitigen Stand der Forschung vermieden werden.«

recht nahe. Beim Einsatz des Genome Editing direkt im Menschen besteht derzeit eine große Herausforderung allerdings noch darin, wie man das gesamte betroffene Körpergewebe, beispielsweise Nerven-, Muskelgewebe oder Tumore, effizient und hochspezifisch mit den Genscheren erreicht. Gleichzeitig will man aber auch die Veränderung von Keimbahnzellen (also Eizellen, Spermien und ihre direkten Vorläuferzellen) im Rahmen einer solchen Therapie vermeiden, da diese erblich wären und somit an folgende Generationen weitergegeben werden können.

Gute Ergebnisse gibt es bei der genchirurgischen Behandlung von Immunzellen *in vitro*. So laufen in den USA bereits fortgeschrittene klinische Studien zur Behandlung von

Illustr.: iStock / Akindo



HIV-Patienten, denen zuvor entnommene, Genom-editierte Immunzellen (T-Zellen) reimplantiert wurden. In China und in den USA haben kürzlich klinische Studien zur Behandlung unterschiedlicher Krebserkrankungen mittels CRISPR-Cas9 modifizierter Immunzellen begonnen.

Aktuell werden häufig ethische Aspekte der Keimbahntherapie bis hin zu dem in Medien oft angeführten „Designerbaby“ diskutiert. Das ist allerdings unrealistisch, da wir für solche generationsübergreifenden Eingriffe das komplexe Zusammenspiel unserer Gene untereinander und mit den einwirkenden Umweltfaktoren noch unzureichend verstehen. Jede gezielte Keimbahnveränderung mit Auswirkungen auf einen später geborenen Menschen sollte beim derzeitigen Stand der Forschung unterbleiben. Besondere Relevanz für die Forschung zur somatischen Gentherapie haben allerdings auch genetische Veränderungen an Keimbahnzellen und frühen Embryonen. Dies wird bereits in mehreren international angesehenen Forschungsinstitutionen, wie dem Karolinska-Institut in Schweden und dem Francis-Crick-Institut in London, praktiziert. Dabei können die Ursachen von Erbkrankheiten, die etwa zu Stoffwechselstörungen, Unfruchtbarkeit oder hohen Risiken für Fehlgeburten führen, mittels CRISPR-Cas an diesen Zellen weitaus besser erforscht werden als mit den konventionellen Methoden der klassischen Gentechnik.

Die Forschung an menschlichen Embryonen, selbst in sehr frühen Stadien wie der einzelligen Zygote, ist in Deutschland durch das Embryonenschutzgesetz von 1990 verboten.

Das Gesetz deckt jedoch nicht alle Fragen ab, die die neuen Methoden des Genome Editing aufwerfen. So ist zum Beispiel fraglich, ob hinreichend sichere genetische Eingriffe an Embryonen, die ihrem Erhalt, also ihrer Gesundheit dienen, überhaupt verboten wären. In dem engen gesetzlichen Rahmen des Embryonenschutzgesetzes ist die klinische Entwicklung und Anwendung von Keimbahntherapien in Deutschland nicht möglich.

Eine Expertengruppe der Leopoldina hat im März 2017 in diesem Zusammenhang das Diskussionspapier „Ethische und rechtliche Beurteilung des Genome Editing in der Forschung an humanen Zellen“ veröffentlicht. Die Autorengruppe möchte mit der Veröffentlichung darauf hinweisen, dass ein kontinuierlicher, breiter öffentlicher Diskurs über das Genome Editing an humanen Zellen, wie er international bereits intensiv geführt wird, auch in Deutschland geboten ist.

Abschließend möchte ich mich im Lichte der „Revolution der Biotechnologie“ noch einmal explizit gegen eine pauschale Ablehnung und Anbauverbote für Genom-editierte Organismen, aber für Einzelfallbetrachtungen der spezifischen Eigenschaften dieser Organismen aussprechen. Deutschland und Europa tragen in einer globalisierten Welt mit knappen natürlichen Ressourcen und einer wachsenden Nachfrage eine internationale Verantwortung, die Produktivität der Landwirtschaft unter anderem durch nachhaltige neue Züchtungsmethoden weiter zu steigern. Gerade die Fortschritte beim Genome Editing können zukünftig auch eine gezielte Ausrichtung der Pflanzenzüchtung auf die ökologisch-orientier-

te, nachhaltige Landwirtschaft ermöglichen.

Auch das politische Signal, das eine wissenschaftlich unbegründete generelle Ablehnung von GVO und ein komplettes Anbauverbot in Deutschland an andere, etwa afrikanische Länder, vermittelt, in denen Produktionssteigerungen zur Bekämpfung von Hunger und Fehlernährung zwingend erforderlich sind, sollte nicht unterschätzt werden. Natürlich werden GV-Pflanzen, wie etwa der viel diskutierte Goldene Reis, bei solch komplexen globalen Problemen nur einer von vielen Lösungsansätzen sein, und es mag in der allgemeinen GVO-Debatte auch diverse bedeutsame Nebenschauplätze, wie den gesteigerten Einsatz von Herbiziden oder patentrechtliche Fragen, geben.

Neben diesen Aspekten, welche für die nachhaltige Entwicklung der Weltgemeinschaft von wesentlicher Bedeutung sind, werden uns selbstverständlich ebenfalls die biomedizinischen Facetten des Genome Editing intensiv beschäftigen. Auch hier sollte man sich unbedingt einen differenzierten Blick bezüglich der Chancen und Risiken dieser Technologie bewahren.

Zum Autor

Jörg Hacker ist Präsident der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaft in Halle (Saale).

Wie planbar soll Grundlagenwissenschaft sein?

VON MARTIN GRUBE, GRAZ

Einfach mal „ins Blaue“ entdecken – das ist heute, im Rahmen der Grundlagen-Forschungsfinanzierung nationaler Fördergeber, nicht mehr oder nur mehr schwer möglich. Dabei lassen sich doch gerade spektakuläre Resultate nicht planen oder vorhersagen.

„Wissenschaftler haben eine neue Möglichkeit entdeckt, um X zu erreichen....“ [frei einsetzbar X = ‚Heilung von Krebs‘ | ‚Langes Leben‘ | ‚Umkehr des Klimawandels‘ | et cetera].

Es lässt sich kaum leugnen: Nachrichten aus den Naturwissenschaften haben meist einen spektakulären Anstrich. Er ist dem journalistischen Anspruch geschuldet und erweckt breiteres Interesse und Hoffnung. Dies gilt insbesondere für Themen mit Relevanz für Gesundheit und Umwelt. Allerdings bleiben dabei gewisse Randbedingungen mitunter auf der Strecke – zum Beispiel: Hat man die Ergebnisse unter speziellen Bedingungen gefunden? Was bedeutet die Nachricht im komplexen natürlichen Kontext? Wie gesichert sind die Daten überhaupt?

Wissenschaftsschlagzeilen lassen diese Fragen gerne offen, geht es doch erst mal um

den Paradigmenwandel. Die weniger spektakulären Details – die in der Wissenschaft jedoch meist der Alltag sind! – können ja dann auch später geklärt werden, wenn die entsprechenden Untersuchungen finanziell unterstützt und mit breiten Daten unterfüttert sind.

»Viele kleine Mosaiksteinchen erschließen den Kontext für neue Entdeckungen. Ihr eigentlicher Wert wird oft erst in der Retrospektive erkennbar.«

GANZE BÜCHER DER WISSENSCHAFTSGESCHICHTE berichten darüber, wie unterschiedlichste Ideen entstanden oder überraschende Entdeckungen in der Wissenschaft gemacht wurden.

Die von Alexander Fleming im September 1928 im Londoner St. Mary's Hospital „vergessene“ Petrischale und die damit verbundene Entdeckung des Penicillins ist da ein klassisches Beispiel.

Einzig gemeinsam ist all diesen Entdeckungen, dass sie in dieser Dimension nie geplant waren, oder zumindest ein anderes Ziel verfolgt wurde. Ich finde sie faszinierend, diese Geschichten über herausragende Wissenschaftler von historischer Bedeutung, die Denkwelten vorheriger Generationen zum Einsturz brachten.

In der Euphorie für den Wandel gerät jedoch ein wenig aus dem Blick, dass nach solchen Entdeckungen das alte Wissen nicht verloren ist, sondern nun neu geordnet werden kann oder muss. Im Rahmen der Denkwelten vorheriger Generationen wurde das Rohmaterial für die Neuordnung erarbeitet. Dieses



Rohmaterial besteht jedoch sehr oft nicht aus einem einzelnen, spektakulären „Aha-Moment“, einem gleichsam „goldenen Heureka-Geistesblitz“, sondern vielmehr aus „wissenschaftlichem Kleingeld“: Über lange Zeiträume hinweg wurden Mosaiksteinchen beschreibender Beobachtung von dauerhaftem Wert mühsam zusammengetragen.

Diese vielen kleinen Mosaiksteinchen erschließen erst den Kontext für neue Entdeckungen; ihr eigentlicher Wert wird oft erst in der Retrospektive erkennbar. Es ist das Ergebnis einer Haltung, die sich im Humboldt'schen Sinne der Qualität der Wissenschaft als Kulturgut verpflichtet fühlt, ohne ihr Ziele und Zwecke voran zu stellen: Grundlagenwissenschaft im besten Sinne.

Unbestritten sind Universitäten und außeruniversitäre Forschungszentren Horte, an denen Grundlagenforschung auf hohem Niveau durchgeführt werden kann. In einigen Wissenschaftszweigen tragen auch Museen zur Schaffung von Grundlagenwissen bei – zum Beispiel in Fragen der Klassifikation oder Dokumentation biologischer und geologischer Diversität in Zeit und Raum. In diesen akademischen Räumen herrscht möglicherweise auch ein verhältnismäßig freierer Zugang zum Unbekannten als in industrienahen Forschungsbetrieben; wobei Freiheit nichts mit Effizienz zu tun haben muss. Es wird gegenwärtig auch diskutiert, dass drittmittelfinanzierte Forschung zu sehr unter dem Einfluss von privaten Interessensgruppen stünde [1], und damit die Unabhängigkeit der Grundlagenwissenschaft gefährden könnte. Das möchte ich hier nicht bewerten, zumal ich zumindest mit meinen Forschungsthemen – der Diversitätsforschung von Pilzen – einen Einfluss dieser Art nicht wahrgenommen habe.

In der Diversitätsforschung haben wir derzeit das Problem, dass die seit einigen Jahren zur Verfügung stehenden Sequenzierungstechnologien eine bislang unentdeckte Biodiversität aufzeigen, während noch wenig über deren Morphologie, Physiologie und Ökologie bekannt ist. Kurz: Die Bedeutung dieser Vielfalt und einzelner Arten ist meist unbekannt und kann in den meisten Fällen nicht einmal ansatzweise beschrieben werden. Ganze neue phylogenetische Äste sind in den letzten Jahren an den Stammbaum der Pilze angefügt worden. Schätzungen gehen von bis zu 15 Millionen Pilzarten aus, doch gerade mal etwas mehr als 100.000 Arten sind bislang mit einem Namen versehen. Und ohne Namen kennt man üblicherweise auch keine sonstigen Eigenschaften der (noch) unbeschriebenen Art.

Eine enorme Diskrepanz, wenn man bedenkt, dass Pilze zu den bedeutendsten mikrobiellen Regulatoren in Ökosystemen

zählen. Mutualistische Pilzsymbiosen (Mykorrhiza, Endophyten) fördern verpartnerte Wirtsorganismen, während Pathogene ihnen zusetzen, und auch die Bereitstellung von organischen Ressourcen wird maßgeblich von Pilzen bewerkstelligt. Auch die Diversität des funktionellen Zusammenwirkens von Pilzen mit Bakterien ist ein Thema, dessen Signifikanz immer deutlicher wird, auch in klassischen Pilz-Symbiosen wie Flechten [2]. Diese noch unzulänglich erforschte Vielfalt an pilzlichen Interaktionen stellt auch eine enorme Bioressource für künftige technologische Anwendungen dar.

»Forschungsfinanzierung baut auf spektakuläre Themen, erwartete Auswirkungen und Planbarkeit. Nicht immer kann explorative Wissenschaft das aber so einfach liefern. Entdeckungen und Ideen können nicht in einem Antrag vorausgesagt werden.«

Solange derartige Forschungen in ökonomisch relevanten Zielgebieten nicht forciert werden, bleibt der kollegiale Austausch unter Fachexperten zur Klärung der Diversitätsfragen. Diese Möglichkeiten des wissenschaftlichen Diskurses sind auch ein Grund, warum ich mit Freude an diesem Gebiet in Lehre und Forschung tätig bin. Ich bin meinem Arbeitgeber dankbar, dies auch so weiter verfolgen zu dürfen. Ein entsprechendes Netzwerk von Forschern mit verschiedenen Zugängen ist nicht zuletzt auch zur Etablierung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Fach notwendig [3].

Im Rahmen von Biodiversitätsinitiativen wurden im deutschsprachigen Raum mittlerweile mehrere neue Töpfe mit Forschungsgeldern gefüllt [4]. Man hat gerade in Zeiten des rasanten klimatischen Wandels erkannt, dass es wichtig ist, die biologische Komplexität zu verstehen, deren ökosystemische Integrität auch unsere Zukunft sichert. Dennoch bleibt am Ende zur umfassenden Erforschung pilzlicher Diversität nur etwas Kleingeld über. Ist dies der Fall, weil Ergebnisse daraus in ihrer Bedeutung nicht sofort erkennbar sind? Mit der Dimension des Unbekannten in einem Forschungsantrag zu argumentieren ist natürlich riskant, aber immerhin sind den Entdeckungen aus der Pilzdiversitätsforschung auch Revolutionen in der Medizin gefolgt.

Nur ein Beispiel: Ein Isolat des 1953 entdeckten Bodenpilzes *Tolypocladium inflatum* lieferte Ciclosporin, das zwar erst Jahrzehnte später Anwendung als Immunosuppressivum

in der Medizin fand, nun aber dort nicht mehr wegzudenken ist. Obwohl die Zeiträume jeden Horizont einer Forschungsevaluierung überschreiten, ist mit Sicherheit ein spektakuläres Resultat, aber auch eines, das sich nicht planen ließ. Man hatte da zuerst einmal einfach ins Blaue entdeckt und gescreent. Das ist aber heute im Rahmen der Grundlagen-Forschungsfinanzierung nationaler Fördergeber nicht (mehr) möglich.

Forschungsfinanzierung baut zusehends auf spektakuläre Themen, erwartete Auswirkungen und Planbarkeit. Nicht immer kann explorative Wissenschaft das aber so einfach liefern. Entdeckungen und Ideen können schließlich nicht in einem Antrag vorausgesagt werden. Es wäre ja sonst auch nichts Neues. Kreatives Potential – sofern es nicht durch zunehmende Bürokratisierung des akademischen Alltags abgesaugt wird – ist daher gefordert, um dennoch zu Förderungen in der explorativen Biodiversitätsforschung der Pilze zu kommen. Vielleicht auch mit der längerfristigen Perspektive auf die eingangs erwähnte Schlagzeile.

Zum Autor

Martin Grube leitet die Arbeitsgruppe Mykologie und Lichenologie am Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Graz, wo er in den letzten Jahren die mikrobielle Komplexität von Flechtensymbiosen erforschte, insbesondere in Bezug auf funktionelle Diversität ihrer spezifischen Bakterien-Gemeinschaften.

Referenzen

- [1] Kreis, C. (2015) *Die gekaufte Forschung, Wissenschaft im Dienst der Konzerne*. Europa Verlag Berlin.
 [2] Grube, M. et al. (2009) *Species-specific structural and functional diversity of bacterial communities in lichen symbioses*. *ISME J* 3: 1105-15.
 [3] Grube, M. et al. (2017) *The next generation fungal diversity researcher*. *Fungal Biol Rev*. In press.
 [4] <https://www.bolgermany.de/>, <http://www.abol.ac.at/>, <http://www.swissbol.ch/>



Das Beziehungsgeheimnis: Warum Netzwerke Leben und Karriere vereinfachen

VON ULRIKE KALTENHAUSER, MARTINSRIED

„Beziehungen zu haben“ haftet ein schlechter Ruf an. Doch wieso eigentlich? Beziehungen sind etwas zutiefst Menschliches – und zudem keine Einbahnstraße: In Netzwerken profitieren alle Akteure. Auch Sie.

Es ist das Ziel eines jeden Wissenschaftlers, erfolgreich zu sein. Doch stellt man sich die Frage was den Erfolg eines Menschen ausmacht, so ist das gar nicht so leicht zu beantworten. Einer Studie des Marktforschungsinstituts Resultate (Frankfurt) zufolge basiert beruflicher Erfolg zu 60 Prozent auf Beziehungen, zu 30 Prozent auf Selbstdarstellung und nur zu 10 Prozent auf Wissen. Das heißt, wer erfolgreich sein möchte, sollte großen Wert darauf legen, möglichst viele qualitativ hochwertige Kontakte zu knüpfen.

Obwohl Netzwerke am Anfang mehr Energie- und Zeiteinsatz fordern, liegen die Vorteile von Netzwerken auf der Hand. Trotz des anfänglichen Mehraufwands, der für die Arbeit in Netzwerken erforderlich ist, überwiegen die Vorteile, die sich aus der Zusammenarbeit für die einzelnen Netzwerkpartner ergeben.

Netzwerke ermöglichen es den darin wirkenden Akteuren, sich auf formellem oder informellem Weg Zugang zu den wichtigsten Faktoren des Erfolgs zu verschaffen. Sie gelangen über ihre Netzwerke an wertvolles Wissen, Informationen und einflussreiche Kontakte, denn in der Arbeitswelt geht es um Entscheidungen, die maßgeblich auf der Basis von Informationen getroffen werden. Netzwerke bilden damit die Grundlage für Innovation und

Wertschöpfung. Diese beiden Faktoren hängen sehr von der Anzahl und Qualität der Interaktionen der einzelnen Netzwerkpartner ab. Sind die Partner gut vernetzt, so kommen sie schneller an wichtige Informationen, die ihnen dann einen Vorteil verschaffen können. So könnte man Netzwerke mit einem System von Transportwegen vergleichen, über die im Rahmen von gegenseitigen Austausch- und Wertschöpfungsprozessen wichtige Ressourcen transportiert werden.

Im Freistaat Bayern setzt man schon seit vielen Jahren gezielt auf die Erfahrung, dass sich das Bündeln der wissenschaftlichen Kapazitäten in Form von Netzwerken in jedem Fall auszahlt. Bereits in den frühen Neunziger Jahren wurde in Bayern durch die Bayerische Forschungstiftung die Voraussetzung für die Förderung anwendungsorientierter Verbundprojekte geschaffen. Schnell stellte sich heraus, dass solche Netzwerkprojekte effizienter und mit einer deutlich höheren Ausbeute die angestrebten Ziele erreichen und sogar darüber hinaus Mehrwert erzeugen.

Inzwischen sind die Forschungsverbünde aus der bayerischen Forschungslandschaft nicht mehr wegzudenken. Neben der Bayerischen Forschungstiftung fördern auch die verschiedenen Ministerien, wie zum Beispiel

das Bayerische Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, gezielt wichtige, ausgewählte Themenbereiche und Technologien über Verbundprogramme.

So wurde nach der erfolgreichen Beendigung des *Human Genome Projects* im Jahre 2003, in dem erstmalig ein menschliches Genom strukturell aufgeklärt wurde – übrigens auch ein sehr gelungenes Netzwerkprojekt – mit dem Bayerischen Genomforschungsnetzwerk ein Verbundprojekt aus der Taufe gehoben, das die Aufklärung der Funktionen der Gene zum Inhalt hatte. Das für sieben Jahre konzipierte Programm hat inzwischen neben zahlreichen Patenten über 400 Veröffentlichungen hervorgebracht. Die zwölf Projektleiter haben 117 junge Wissenschaftler promoviert, und es konnten drei Unternehmen ausgegründet werden. Die durch das Programm geförderten Forschungsprojekte finden internationale Anerkennung, die sich durch eine Reihe von hochkarätigen Auszeichnungen wie den Dr. Josef Steiner Krebsforschungspreis oder den Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Nachwuchspreis, und der Menge an zusätzlich eingeworbenen Fördermitteln nicht nur bei DFG, BMBF und EU, sondern auch bei der Bill & Melinda-Gates-Stiftung und anderen Stiftungen, geäußert hat.



Illustr.: iStock / Akindo

Weitere Programme folgten, wie zum Beispiel das Bayerische Immunforschungsnetzwerk und das Bayerische Forschungsnetzwerk für Molekulare Biosysteme (BioSysNet). Auch bei BioSysNet zeigt sich durch zahlreiche Patentanmeldungen, zwei Leibniz-Preise und einer großen Anzahl hochkarätiger Veröffentlichungen, wie gut sich Netzwerken auf den Erfolg auswirkt.

Verbundforschung bildet eine der besten Grundlagen für Innovationen und Wertschöpfung und damit auch für wissenschaftlichen Erfolg. Worin liegt das Geheimnis des Erfolgs? Es ist keine neue Weisheit, dass eine Idee noch so gut sein kann – wenn niemand von ihr erfährt, ist sie zum Scheitern verurteilt. Aber das alleine kann den Erfolg von Netzwerken noch nicht erklären. Verbindungen, Gespräche und Kontakte zu Menschen, deren Wissen und Informationen über die eigene Kompetenz hinausführen, tragen einen erheblichen Anteil zum Erfolg der kooperierenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei. So ist es also auch wichtig, dass ein Netzwerk eine fächerübergreifende Expertise repräsentiert. Interdisziplinäres Arbeiten ist bei komplexen Fragestellungen unumgänglich. Die Zusammenarbeit über die einzelnen Arbeitsgebiete hinaus ermöglicht es, Ergebnisse aus einem anderen Blickwinkel zu sehen, zu interpretieren und neue Aspekte bei der Bewertung der Resultate mit einfließen zu lassen. Kooperationen mit den Netzwerkpartnern bereichern die Arbeit nicht zuletzt schon durch die Notwendigkeit, die eigenen Beiträge immer wieder in Frage zu stellen und in einem lebendigen Dialog dialektisch zu bewerten. Die Netzwerkpartner sollten die Bereitschaft haben, sich mit den Problemen der anderen auseinander zu setzen, einander ehrliches Feedback zu geben und konstruktive Kritik zu üben, aber auch anzunehmen. Dabei spielt das gegenseitige Vertrauen eine essentielle Rolle.

Über 15 Jahre betreue ich nun schon als Geschäftsführerin solche Netzwerkprojekte und bin immer wieder fasziniert, wie natürlich Wissenschaftler in einem solchen Programm Vertrauen zueinander fassen und wie schnell sich dann die Erfolge praktisch wie von selbst einstellen. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass man versucht, nicht nur Fach- und Arbeitstreffen zwischen den Forscherinnen und Forschern zu organisieren, sondern den Menschen auch genügend Raum einräumt, um persönliche Bindungen aufzubauen. Ein zentraler Aspekt in Bezug auf den Kooperationserfolg eines solchen Netzwerks liegt darin, dass jeder einzelne Netzwerkpartner die Besonderheit er-

»Netzwerkprojekte erreichen die angestrebten Ziele effizienter und mit höherer Ausbeute und erzeugen darüber hinaus Mehrwert.«

kennt, Teil dieser Gemeinschaft zu sein. Dazu gehört natürlich auch, dass sich die einzelnen Akteure an gewisse Regeln halten und zum Beispiel vertrauliche Informationen auch als solche behandeln.

Netzwerken sei „nicht Mittel zum Zweck, sondern eine Haltung im Leben“, schreibt Herbert Henzler, der ehemalige Chef der Unternehmensberatung McKinsey in Deutschland, in seiner Biografie und trifft damit aus meiner Sicht einen ganz wichtigen Punkt. „Wenn jeder in einem Netzwerk nach dem Prinzip Geben und Nehmen lebt, ist jeder ein Gewinner. Du bist interessant, wenn du interessiert bist. Nimm den Menschen wichtiger als seine Funktion beziehungsweise Position. Stelle pro Woche einen Kontakt her und pflege pro Woche einen bestehenden,“ so Henzler.

Natürlich sind gerade für junge Nachwuchswissenschaftler die Kontakte zu den etablierten Wissenschaftlern im Rahmen eines Verbundforschungsprojektes von größter Bedeutung für ihren wissenschaftlichen Werdegang. Das Gute daran ist, dass sie in Verbundprojekten auch herausragenden Forschern auf Augenhöhe begegnen und damit den Kollegen gegenüber einen klaren Vorteil haben, denen solche Möglichkeiten nicht gegeben sind.

Durch die Arbeit in den zahlreichen Netzwerken, in denen ich beobachten konnte, wie unterschiedliche Menschen ihre Forschungsprojekte zum Erfolg führten, war es mir möglich, viel über die Kooperation von Menschen in Netzwerken zu lernen. Dennoch traue ich mir nicht wirklich zu, die Frage zu beantworten, ob Netzwerke tatsächlich das Leben vereinfachen, da gerade die Zusammenarbeit von ambitionierten Menschen nie einfach ist. Nichtsdestotrotz bin ich mir sicher, dass die Kooperation mit anderen Projektpartnern für alle Beteiligten einen Gewinn darstellt und sich in den meisten Fällen positiv auf die Karriere der einzelnen Akteure auswirkt. Die aktive Zusammenarbeit mit regen Geistern beflügelt den wissenschaftlichen Fortschritt. Es ist nicht immer einfach, aber in den meisten Fällen ein echter Mehrwert, Teil eines lebendigen Netzwerks zu sein.

Zur Autorin

Ulrike Kaltenhauser ist promovierte Biologin und Geschäftsführerin des Forschungsnetzwerks BayGene, des Forschungsverbunds FORPLANTA, des Bayerischen Forschungsnetzwerks für Molekulare Biosysteme BioSysNet, sowie des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks.

Innovation als treibende Kraft

VON SIEGFRIED BIALOJAN, MANNHEIM

Die lange Zeit darbende Biotech-Branche in Deutschland hätte allen Grund, optimistisch zu sein – die technologischen, kapitalistischen und politischen Weichen sind gestellt. Doch die noch immer zu geringe Risikobereitschaft behindert den weiteren Aufschwung.

Innovation ist in aller Munde und gerade in Gesundheit, Medizin und Biotech kommt der Umsetzung innovativer Ideen aus der Wissenschaft in Lösungen für Patienten besondere Bedeutung zu. Dies geschieht vor allem in Form...

- neuer Therapieansätze basierend auf vertieftem Wissen über Krankheiten und deren molekularen Hintergründen,
- neuer Technologien mit dem Potenzial zur Analyse der molekularen Ursachen bei individuellen Patienten, sowie
- holistischer Lösungsansätze in einer Kombination verschiedener technischer Möglichkeiten.

Innovation wird aktuell gerade im Gesundheitsbereich weiterhin durch zwei besondere, starke Kräfte angetrieben:

- Am „Front End“ entsteht ein „Push“-Effekt; Forschungseinrichtungen müssen in Zeiten rückläufiger Projektförderung selbst mehr für eine ausreichende Finanzierung sorgen und gehen dazu aktiver die kommerzielle Schiene an. Das heißt, sie erwägen sehr viel stärker die Auslizenzierung von Rechten an Produktideen, Technologien, Prozessinnovationen, oder denken an die Ausgründung von Start-ups zu deren weiteren kommerziellen Entwicklung.

- Auf Seiten der großen Marktteilnehmer am anderen Ende des Innovationsprozesses wirkt ein ebenso starker „Pull“-Effekt, weil sie dem enormen Wachstums- und Innovationsdruck allein durch interne Kapazitäten und Kompetenzen nicht gewachsen sind und diesem nur unter Einbeziehung von externen Partnern begegnen können.

Die Biotechnologie und vor allem Biotech-Start-ups spielen hierbei eine wichtige Rolle als „Translator“ zwischen diesen Kräften. Für Forschungseinrichtungen bilden die Ausgründungen von Start-ups einerseits Chancen, di-

rekt am innovativen Wertschöpfungsprozess teilzunehmen und daraus auch wirtschaftliche Vorteile zu ziehen. Start-ups zeichnen sich in diesem Zusammenhang auch durch ihre mentale Nähe zur Forschung, durch hohe Kreativität und schnelle Umsetzungsgeschwindigkeit aus.

Dieselben Eigenschaften machen sie aber gerade auch für die großen Partner attraktiv. Hinzu kommt das Denken „über den Tellerrand hinaus“, wobei Problemlösungen eben nicht nur im engeren Kompetenzumfeld der etablierten Player entstehen, sondern besonders durch Einbringen von unterschiedlichsten Ideen. Innovation wird so auch aus der interdisziplinären Zusammenarbeit sehr fruchtbar gespeist.



Trotz der zunehmenden Realisierung der Bedeutung von Innovationen für die wirtschaftliche Entwicklung am Standort Deutschland und der positiven Anerkennung von Start-ups müssen hierzulande einige unabdingbare Voraussetzungen für den Erfolg des Innovationsprozesses erst noch stärker verinnerlicht werden.

Innovation als Prozess von der „Idee zum Markt“ erfordert auch die Berücksichtigung

und Lösung einer vermeintlich trivialen Gleichung: Neue Ideen generell und deren kommerzielle Entwicklung bergen Risiken, weil der tatsächliche Erfolg am Markt nicht einfach vorhersagbar ist. Hiervon ist gerade die Biotech-Branche und insbesondere die Medikamentenentwicklung betroffen, wo die Risiken bekanntermaßen hoch sind und mit großen Kosten sowie langen Entwicklungszeiten einhergehen. In der Konsequenz lässt sich diese Gleichung deshalb nur lösen, wenn zur Finanzierung von Innovationen vor allem Eigenkapital in ausreichender Menge und mit entsprechenden Zeithorizonten zur Verfügung steht.

Und genau hier stellt sich am Standort Deutschland eher eine „Kulturfrage“, die zunächst primär in einer gesellschaftlichen Diskussion zu klären wäre.

Wir sind hierzulande eher Risiko-avers und propagieren eine Fremdkapitalkultur, die überdies explizit staatlich gefördert wird, während Eigenkapital kaum eine Rolle spielt – weder im privaten Bereich, noch institutionell, und schon gar nicht in den politischen Strategien für eine wenigstens gleichbedeutende Inzentivierung von Eigenkapital. Dazu kommt, dass durch eine sehr tiefgreifende Förderkultur zwar immer wieder Projekte angestoßen werden, deren kommerzielle Weiterentwicklung – und nur daraus entstehen am Ende die wahren Innovationen – aber nicht entsprechend durch unternehmerische Anreize gefördert werden.

Im Gegensatz zu Deutschland sind in anderen Ländern – Beispiele wie die USA und Israel stellen hier die Vorbilder – diese Faktoren explizit gesellschaftlich fest verankert; es gibt dort eine ausgeprägte Risikobereitschaft und damit einhergehend auch eine Eigenkapitalkultur, eng verbunden mit einer entsprechenden Unternehmerrkultur. Nicht von ungefähr



kommt es also, dass in diesen Ländern Innovation sehr gut funktioniert.

Erfolgreiche Innovation kann also nur gelingen, wenn man die politischen Rahmenbedingungen schafft und die in der oben angesprochenen Gleichung dargelegten Innovationsvoraussetzungen kulturell in der Gesellschaft verankert.

Immerhin – und darauf zielt der aktuelle Ernst&Young-Biotech-Report explizit ab – gibt es Licht am Ende des Tunnels. Mit „Spot on Innovation“ beleuchtet der Ernst&Young-Biotech-Report 2017 herausragende „Best Practice“-Beispiele im komplexen „Innovations-Ökosystem“ von der „Idee zum Markt“. Hier geht es vor allem um Initiativen von individuellen Biotech-Unternehmen, Investoren, Dienstleistern und nicht zuletzt aus der Politik, die beispielgebend sind und bewusst zur Nachahmung empfohlen werden.

Neue Ansatzpunkte werden zum Beispiel im Technologie-Transfer sichtbar. Die vielbe-

klagte, rein administrative Wahrnehmung dieser wichtigen Funktion am Beginn des Innovationsprozesses weicht zusehends der Erkenntnis, dass erfolgreicher Technologie-

»Im Gegensatz zu Deutschland gibt es in anderen Ländern eine ausgeprägte Risikobereitschaft, mit einer entsprechenden Eigenkapital- und Unternehmenskultur. Nicht von ungefähr funktioniert in diesen Ländern Innovation sehr gut.«

Transfer nur als unternehmerische Aufgabe im Sinne einer effektiven Projektentwicklung mit einem entsprechend ausgerichteten Kompe-

tenzprofil funktionieren kann. Aushängeschilder wie die Ascension GmbH, die sich für viele Helmholtz- und Leibniz-Institute um den Technologie-Transfer kümmert, verkörpern diesen Ansatz bereits.

Besonderes Augenmerk in der Translation innovativer Ideen genießen, wie bereits erwähnt, aktuell Start-ups. Im Umfeld Biotech entstehen diese nach wie vor überwiegend aus akademischen Ausgründungen (Beispiele hierfür wären die 2014 an der Uni Bonn gegründete Rigontec GmbH oder die 2016 in Martinsried entstandene iOmx Therapeutics AG). Ein neuer Trend ist die Abspaltung von Start-ups aus etablierten (meist börsennotierten) Biotech-Firmen (gerne als „Spin-offs“ tituliert), die vor allem die frühen Forschungs- und Entwicklungs(F&E)-Projekte weiterführen, während die Muttergesellschaften sich auf die marktnahen Produkte konzentrieren (zum Beispiel die 2016 aus der Martinsrieder Biotechfirma 4SC heraus gegründete Immunic

AG, oder die Aptarion Biotech AG, entstanden ebenfalls 2016 aus der Berliner Mutterfirma Noxxon).

Schließlich gelang der ebenfalls börsennotierten Medigene AG ein kompletter Neustart als „Public Start-up“, der sehr schnell in die klinische Entwicklung mit innovativen Ansätzen zur Immuntherapie für Krebspatienten mündete.

Der Fokus auf Start-ups und deren möglichst erfolgreiche Weiterentwicklung ändert auch die Perspektive für viele der etablierten Technologieparks, die sich zu Inkubatoren beziehungsweise Acceleratoren wandeln – mit neuem Schwerpunkt auf der „Geschäftsentwicklung“. Beispiele wie der in Bonn und Dresden ansässige *Life Science Inkubator (LSI)* gehen hier voran; eine weitere interessante Initiative ist GALS – der *German Accelerator Life Sciences* – in Boston/Cambridge. Dies ist eine Initiative des Bundeswirtschaftsministeriums mit dem Ziel, ausgewählten Start-ups im Umfeld Boston/Cambridge Zugang zu entsprechenden Netzwerken (Investoren, strategischen Partnern, Markteintrittswegen) zu bieten und weiterhin auch mit spezifischem „Mentoring“ von den erfolgreichen Ansätzen in den USA zu profitieren.

Erfreulicherweise nehmen nun auch einige Unternehmen aus dem Biotech-Sektor das Innovationsgeschehen direkt in ihre Agenda auf. Herausragend als „Corporate Innovator“ setzt die Hamburger Evotec AG auf eine ganze Reihe von Translationsaktivitäten:

aus dem interessante Start-ups finanziert werden können.

Einen ebenso wichtigen Beitrag zum erfolgreichen Innovationsgeschehen leisten neue Finanzierungsinitiativen. Im direkten

»Endlich haben wir auch Bewegung an der politischen Front, von der insbesondere innovative Biotechfirmen profitieren könnten.«

Zusammenhang mit dem oben angesprochenen Finanzierungsdilemma, das vor allem mit dem unterentwickelten Verständnis für Eigenkapital einhergeht, stehen zwei Initiativen, die die geforderte stärkere „Mobilisierung von Privatkapital“ neu befeuern können.

Einerseits wurden erstmals Finanzierungen von Biotechunternehmen über „Crowdfunding“ durchgeführt, das heißt Plattformen, die von Kleinlegern Kapital einsammeln und entsprechend gezielt in Biotechfirmen investieren (zum Beispiel investiert Medifundo in die Dormagener Bioecho Life Sciences GmbH sowie Seedmatch in die Hannoveraner Rodos Biotarget GmbH).

Auf der anderen Seite wurde eine bisher vermeintlich unüberwindbare Hürde genommen, indem erstmals eine gesetzliche Krankenkasse in einen Wagniskapital-Fonds (Early

zu Hoffnung gibt. Nachdem zunächst Änderungen zum „Verlustvortrag“ eingeführt worden waren, von denen innovative Biotechunternehmen insbesondere profitieren, kam es im Herbst 2016 zum ersten Mal zu einem „Innovationsdialog“ mit Themenschwerpunkt „Biotechnologie“. Unter anderem wurden dort die Bedeutung der Biotechnologie für die Entwicklung der zukünftigen Schlüsselindustrien diskutiert, aber auch das Thema der Eigenkapitalausstattung für innovative Sektoren wie der Biotechnologie. Eine aktuelle Äußerung aus dem Kanzleramt im Nachgang zu diesem Event, die nach der IT Agenda der Bundesregierung nun auch eine entsprechende „Biotechnologie-Agenda“ einfordert, ließ aufhören und nährt neue Hoffnung.

Nach dieser durchaus hoffnungsvollen Darstellung von positiven „Best Practice“-Entwicklungen ist es besonders erfreulich, dass erstmals seit Jahren auch die wirtschaftlichen Kennzahlen für den Biotechsektor ein positives Bild zeichnen und damit die gezeigten Entwicklungen auch über die statistischen Erhebungen in der Breite verifizieren.

Sehr erfreulich und möglicherweise bereits erstmals ein Signal der positiven Besetzung der „Start-ups“ ist die erstmals seit Jahren deutliche (plus 30) Zunahme der Unternehmenszahl.

Noch stärker drückt sich ein neuer Optimismus im Sektor durch die zweistellig prozentuale Zunahme der Mitarbeiterzahlen aus, und auch die positiven Umsatzsteigerungen untermauern den Optimismus.

Die bei weitem positivste Entwicklung zeichnet sich aber beim langjährigen „Sorgenkind“ des Sektors, der Kapitalausstattung, ab.

Wenngleich das Gesamtvolumen der Finanzierung leicht gegenüber dem Vorjahr zurückging (minus sieben Prozent), so können vor allem für die Finanzierung von privaten Firmen signifikante Verbesserungen in mehrerer Hinsicht festgehalten werden:

- Zwar ging das Wagniskapital-Volumen leicht zurück (minus zehn Prozent), das Niveau (213 Mio. Euro) blieb im zweiten Jahr in Folge über 200 Mio. Euro;

- Wagniskapital profitiert nachhaltig vom IPO-Boom der Vorjahre durch ein um 40 Prozent höheres VC-Niveau;

- Die Spitze der Top-Ten-Finanzierungen ist deutlich breiter mit neun der zehn größten Runden über 10 Mio. Euro (bisher meist nur Einzelereignisse wie 2015 Curevac mit 167 Mio. Euro);

- Der Anteil der Beteiligungen durch die großen *Family-Offices* (wie Hopp und Strüngmann) nimmt deutlich ab: Das Verhältnis *Family-Office* zu klassischem VC kehrt sich von 81:19 um zu 26:74;

- Gleichzeitig nimmt die Zahl der klassischen VC-Konsortien wieder deutlich zu;

BIO DEUTSCHLAND	Private Unternehmen			Börsennotierte Unternehmen			Gesamtindustrie		
	2015	2016	in %	2015	2016	in %	2015	2016	in %
Allgemeine Kennzahlen									
Anzahl Unternehmen	573	603	5	18	20	11	591	623	5
Anzahl Beschäftigte*	15.179	17.774	17	6.582	6.996	6	21.761	24.770	14
Finanzdaten (Mio. €)									
Umsatz	1.958	2.129	9	1.443	1.505	4	3.401	3.634	7
F&E-Ausgaben	681	667	-2	365	451	23	1.046	1.118	7

*für private Unternehmen in Deutschland, für börsennotierte Unternehmen weltweit
Quelle: EY, BIO Deutschland

- Beschleunigung der Übersetzung von Forschungsideen in testbare „Drug Candidates“ durch Bereitstellung der Screening Plattform;

- Gründung von Spin-offs, beispielsweise 2016 die auf Autoimmunerkrankungen spezialisierte Topas Therapeutics GmbH;

- Finanzierung / Beteiligung an Start-ups zusammen mit Forschungseinrichtungen oder anderen Investoren.

Auch Morphosys, das zweite führende Biotechunternehmen in Deutschland, hat inzwischen einen Innovations-Fonds aufgelegt,

bird) investierte und damit eine ebenfalls äußerst relevante Quelle von Privatkapital „mobilisiert“ wurde. Um diese eigentlich illegale Aktion (Verbot des Risikoinvestments institutioneller Investoren) zu umgehen, wurde eine Lösung über Ausfallbürgschaften gestaltet, die einerseits durch das Bundeswirtschaftsministerium (50 Prozent) aber andererseits durch die Investmentpartner der Wagniskapital-Gesellschaft selbst (50 Prozent) gewährleistet wurden.

Schließlich gab es zuletzt (endlich) auch Bewegung an der politischen Front, die Anlass

Ausgewählte Allianzen deutscher Biotech-Unternehmen, 2016

Unternehmen	Partner	Land	Datum	Potenzieller Wert (Mio. €)	Upfront-Zahlungen (Mio. €)
Medigene	bluebird bio	USA	29. Sept.	917,4	13,6
Evotec	Bayer	Deutschland	21. Sept.	314,0	
BioNTech	Genentech	USA	21. Sept.	280,2	
Evotec	Celgene	USA	15. Dez.	266,6	40,7
Proteros biostructures	Merck & Co.	USA	22. Nov.	150,9	
MorphoSys	LEO Pharma	Dänemark	02. Nov.	111,5	
3B Pharmaceuticals	Ipsen	Frankreich	17. Feb.	82,0	
4SC	Link Health Group	China	31. Mai	76,0	
PAION	Cosmo Pharmaceuticals	Niederlande	24. Juni	52,5	10,0
Cynata Therapeutics	apceth	Deutschland	09. Mai	26,9	
Carpegen	Curetis	Deutschland	13. Dez.	16,5	5,0
Evotec	Oxford Sciences Innovation	UK	09. Nov.	15,9	
Lead Discovery Center	McGill University	Kanada	07. Juni	0,9	

Quelle: EY, Medtrack

► Neben den klassischen Wagniskapital-Gesellschaften aus Deutschland beteiligen sich vermehrt wieder ausländische Wagniskapital-Investoren (beispielsweise MPM, Sofinova, Forbion und Rothschild) wie auch strategische Investoren aus der Pharmaindustrie (zum Beispiel GSK, BI und Novartis).

»Es besteht berechtigter Anlass zur Hoffnung, dass das unumstritten vorhandene Potenzial in Deutschland besser genutzt wird und dass gerade der Biotechsektor eine neue Aufmerksamkeit erfährt.«

Der auffälligste Impuls ist die vermehrte Berücksichtigung von sehr jungen Start-ups bei den Top-Finanzierungsrunden, das heißt, Innovation spielt hier eine eminente Rolle. Fünf der Top-Ten-Runden sind Erstfinanzierungen.

Mit 40 Mio. Euro wurde iOmx (eine Ausgründung aus dem Deutschen Krebsforschungszentrum, DKFZ, in Heidelberg) üppig ausgestattet. Dieses „Best Practice“-Beispiel für ein aufsehenerregendes Start-up dient gleich auch als Modell für ein weiteres innovatives Modell, verkörpert durch den Investor MPM. MPM wendet zum ersten Mal sein in Boston erfolgreiches Modell des „Company Building“ in Deutschland an:

► Proaktives Identifizieren einer innovativen Idee am DKFZ durch die besondere Expertise im MPM-Team (Checkpoint-Inhibitoren für Krebstherapie);

► Gemeinsames Erarbeiten eines fundierten Geschäftsplans;

► Rekrutieren des geeigneten Management-Teams (unter Einbeziehung von MPM-Partnern ins operative Management);

► Ansiedlung in München in der Nähe des Investors;

► Signifikante Finanzierungsrunde zur Beschleunigung der F&E-Aktivitäten.

Es bleibt zu hoffen, dass dieses Modell weiter Schule macht. An wissenschaftlich-technologischem Potenzial aus dem akademischen Umfeld dürfte es nicht mangeln.

Schließlich kommt die Innovationskraft des Biotechsektors insgesamt auch in Form von Partnerschaften mit Pharmaunternehmen klar zum Ausdruck. Allianzen und M&A-Transaktionen haben in den letzten Jahren deutlichen Aufschwung verzeichnet (sowohl bezüglich Anzahl als auch *in puncto* Volumen).

Deutsche Biotechunternehmen tragen in mehrfacher Hinsicht Bedeutsames bei derartigen Unternehmens-Kooperationen bei:

► Bei Allianzen mit großem Vertragswert agiert man durchaus in der globalen Top-Liga – zum Beispiel Medigene mit Bluebird Bio (potenzieller Wert: über 900 Mio. Euro);

► Es existieren Allianzen in attraktiven Arbeitsgebieten (zum Beispiel Immun-Onkologie: Medigene/Bluebird Bio; Biontech/Genentech);

► Diverse Allianzen bewegen sich auf Augenhöhe mit einem Pharma-Partner (etwa

im Falle von Biontech/Genentech, wo man die Kosten teilt und auch sonst als gleichberechtigte Partner agiert);

► Allianzen fungieren als Innovationstreiber (zum Beispiel bei Evotec/Celgene: iPS-Stammzellplattform; Evotec/Oxford University: Ausgründung von Start-ups mit innovativen Ansätzen).

Abschließend lässt sich sagen, dass die exemplarisch erwähnten und viele weitere individuelle *Best-Practice*-Beispiele für innovative Initiativen sowie die positiven Kennzahlen und Statistiken zu Finanzierung und Partnerschaften in eine positive Richtung zeigen. Sie geben begründeten Anlass zur Hoffnung, dass das unumstritten vorhandene Potenzial in Deutschland künftig noch besser genutzt wird, und dass gerade der Biotech-Sektor in den kommenden Jahren eine neue Aufmerksamkeit erfährt.

Dennoch ist der Appell an Politik und Gesellschaft nach wie vor essenziell, die ermutigenden Signale durch die richtigen politischen Rahmenbedingungen für die bessere Mobilisierung von Privatkapital zu unterstützen, wie auch den Diskurs um einen gesellschaftlichen Konsens für eine echte Innovationskultur (Stichwort „Risikobereitschaft, Unternehmertum, Aktienkultur et cetera) anzuregen.

Zum Autor

Der promovierte Naturwissenschaftler Siegfried Bialojan arbeitete 14 Jahre lang in der pharmazeutischen Industrie und ist seit 2001 bei der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Ernst & Young im Bereich Life Sciences tätig. Dort ist er als Leiter des E&Y Life-Science-Centers Mannheim unter anderem verantwortlich für den jährlich publizierten Deutschen Biotechnologie-Report.

See the essential.

Optical filters precisely matched to your application

► High-end quality · Wide selection · Customized



AHF ANALYSENTECHNIK

AHF analysentechnik AG
info@ahf.de · www.ahf.de

► Longtime & interdisciplinary expertise

Ohne langen Atem geht es nicht

VON MARKUS ENZELBERGER, PLANEGG

Wieso Arzneimittel-Entwickler in 15-Jahres-Zeiträumen rechnen – und warum Misserfolge zum Pharma- und Biotech-Geschäft dazugehören.

Bei Morphosys steigt die Spannung. Die Wissenschaftler des Antikörper- und Medikamentenentwicklers aus Planegg bei München erwarten demnächst eine wegweisende regulatorische Entscheidung, die einen Durchbruch für das Unternehmen und die Erfüllung vieler Forscherträume bedeuten könnte.

»Warum dauert Medikamentenentwicklung eigentlich so lange? Warum dauert es so lange, bis eine Technologie ein Medikament liefert?«

Guselkumab [5] heißt der Hoffnungsträger, ein voll humaner Antikörper, der gegen einen wichtigen Botenstoff in Autoimmunerkrankungen namens Interleukin-23 gerichtet ist. Er wird vom US-amerikanischen Pharmaunternehmen Janssen in der Indikation Plaque Psoriasis (Schuppenflechte) entwickelt und hat in klinischen Phase-III-Studien bislang herausragende Ergebnisse gezeigt. Sollte die amerikanische Zulassungsbehörde FDA Janssens Antrag auf Zulassung zustimmen, könnte Guselkumab möglicherweise schon im dritten Quartal dieses Jahres auf den Markt kommen

– 14 Jahre nach Beginn der Arbeiten an dem Projekt. Damit wäre Guselkumab das erste zugelassene Medikament aus der Technologieplattform von Morphosys – pünktlich zum 25-jährigen Jubiläum des deutschen Biotechologieunternehmens.

Bei allem gewünschten, erhofften und sicherlich auch verdienten Erfolg stellen sich Wissenschaftler und Nichtwissenschaftler, die nicht jeden Tag in der Wirkstoffforschung arbeiten, die Frage: Warum dauert Medikamentenentwicklung eigentlich so lange? Beziehungsweise: Warum dauert es so lange, bis eine Technologie ein Medikament liefert?

Dies soll im folgenden am Beispiel der Antikörpertechnologie von Morphosys und dem Wirkstoff Guselkumab exemplarisch dargelegt werden.

Morphosys wurde 1992 auf Basis einer – damals vollkommen neuen – Idee gegründet: Eine Technologie zu etablieren, um rein menschliche Antikörper als Therapeutika herstellen und optimieren zu können. Das Konzept der HuCAL (Human Combinatorial Antibody Library)-Technologie, einer humanen kombinatorischen Antikörperbibliothek, wurde von Morphosys Ende der 1990er Jahre zur kommerziellen Reife entwickelt (Knappik *et al.*, 2000). Bei dieser Technologie wird das humane Antikörperrepertoire durch kombinatorische DNA-Synthese nachgeahmt und die erhaltenen zehn Milliarden Antikörperpa-

rianten mittels Phagendisplay auf die Bindung des entsprechenden Zielmoleküls (Antigens) getestet [2]. Die Bibliothek wurde bioinformatisch konstruiert, indem die vorhandenen humanen Antikörpersequenzen analysiert und als Vorlage für das Design genutzt wurden. Der synthetische Charakter ermöglicht die Einführung spezieller Schnittstellen, und diese wiederum eine effiziente Verbesserung und Veränderung der erhaltenen Antikörper.



Illustr.: iStock / Akindo

Definierte Restriktionsschnittstellen, die die schwere und leichte Kette der Antikörper sowie alle CDRs (*Complementarity-determining regions*) flankieren, gestatten einen schnellen Austausch derselben, um beispielsweise Bindungsstärken verbessern oder den Antikörper in unterschiedlichste Formate konvertieren zu können. Dieser rationale Ansatz, voll humane Antikörper herzustellen, war zu dieser Zeit ein Durchbruch in der Entwicklung bio-

logischer Wirkstoffmoleküle. Aber der Weg von der akademischen Technologieidee zur industriellen stabilen Plattform ist lang.

Die Phagenexperten in Firmen und Universitätslaboren konnten damals zwar Antikörper isolieren, allerdings waren diese nicht selten gegen sehr einfache Antigene gerichtet oder Glücksfälle. Auch war die Anzahl der gegen ein Zielmolekül isolierten Antikörper sehr gering und erlaubte deshalb nicht viele

Möglichkeiten, um Antikörper gegen bestimmte Regionen des Moleküls auszuwählen. Bevor die Technologie industriell stabil wurde, war also viel Standardisierungsarbeit zu leisten und die Erfahrung aus zahlreichen Projekten notwendig.

Ein Medikamentenkandidat muss sich auch industriell produzieren lassen können. Das aber hat man als Wissenschaftler nicht notwendigerweise gleich im Blick, wenn die Experimente im Labor gut aussehen und der Antikörper die gewünschte Effektivität in der Zellkultur und im Tiermodell zeigt. Die Erkenntnis, dass der betreffende Antikörper stabil in großen Mengen im Fermenter produziert werden muss und dass er nicht – wie viele natürliche humane Antikörper – so-

»Als Wissenschaftler hat man nicht immer gleich im Blick, dass sich ein Medikamentenkandidat auch industriell produzieren lassen muss.«

nannte posttranslationale Modifikationen (Glykosylierungen, Proteaseschnittstellen, Isomierungsstellen et cetera) enthalten darf; dieses Wissen erwirbt man manchmal erst durch Rückschläge. Posttranslationale Modifikation ist für Antikörper im Serum eines Menschen relativ unbedeutend – für ein Medikament, das in hoher Reinheit, in hohen Konzentrationen und über lange Zeit gelagert werden muss, aber prohibitiv. Auch diesbezüglich war die Optimierung der Technologie ein längerer Prozess, um die Chancen zu erhöhen, am Ende ein vermarktbare, klinisch entwickelbares Produkt zu erhalten.

Ein weiterer Faktor, der den kommerziellen Erfolg einer stabilen Technologie verzögern kann, ist die Auseinandersetzung um Patente. Auch diese unangenehme Erfahrung musste Morphosys in den Frühtagen machen. Aufgrund eines Patentstreits mit der britischen Firma Cambridge Antibody Technology, der erst 2002 beigelegt werden konnte, scheuten sich potenzielle Partner anfangs, Vereinbarungen einzugehen.

Aber es gab Ausnahmen. Das 1979 gegründete und seit 1999 zum US-Konzern Johnson & Johnson gehörende Biotech-Unternehmen Centocor war schon 2000 so mutig, eine Kooperation mit Morphosys zu starten. Der Ritterschlag für eine Technologie ist sicherlich, diese bei einem Partner in einem unabhängigen Labor mit sorgfältig geschriebenen Protokollen genauso zum Laufen zu bekommen wie im eigenen Entdeckungslabor. Eben dieser Technologietransfer war ein Teil des Vertrags

– und die Tatsache, dass die Wissenschaftler bei Centocor in der Lage waren, die junge Morphosys-Technologie in ihrem eigenen Labor ebenfalls zu etablieren, ein wichtiger Schritt zum Beweis der Industrietauglichkeit der HuCAL-Plattform.

Ein zweiter Teil der Vereinbarung mit Centocor beinhaltete bereits die Arbeit auf von Centocor nominierten Zielmolekülen bei Morphosys. Eines dieser Zielmoleküle, das Centocor 2003 benannte, war Interleukin-23 (IL-23).

Dieses Molekül war erst 2000 als wichtiger Botenstoff in entzündlichen Erkrankungen entdeckt worden [6]. Es besteht aus den zwei Untereinheiten p19 und p40, wobei p40 auch Teil des Botenstoffs Interleukin-12 ist, gegen den viele der damaligen Antikörper gerichtet waren. Daher war es lange unklar, dass in Entzündungsprozessen zwei verschiedene Moleküle eine Rolle spielen. Centocor wollte nun gezielt nur das Interleukin-23, also die p19 Untereinheit, treffen, um möglichst spezifisch gegen Erkrankungen wie Schuppenflechte oder Arthritis vorzugehen.

Für die Aufgabe, eine spezielle Untereinheit eines Moleküls (hier das p19) anzuvisieren, war und ist die Phagentechologie besonders gut geeignet. Sie ermöglichte es, die Antikörperselektion im Reagenzglas zielgerichtet so zu gestalten, dass genau diese Einheit getroffen wird. Die Herausforderung war es, für das damals neue und noch weitgehend unerforschte Zielmolekül IL-23 p19 die komplette Target-Validierung inklusive Essay-Entwicklung durchzuführen, also angewandte Grundlagenforschung zu betreiben. Dies erforderte manche Überstunde im Labor und einiges an Schweiß und Gehirnschmalz, führte aber zum Erfolg. Innerhalb von zwei Jahren konnten in den Laboren von Morphosys genau solche Antikörper gegen IL-23 identifiziert, optimiert und an den Partner übergeben werden. Centocor brachte den Wirkstoff in der Folgezeit in die formale präklinische und später klinische Entwicklung.

Vier Jahre später war der Antikörper in einer Reihe von Tiermodellen getestet, unter GMP-Bedingungen produziert und formuliert sowie in toxikologischen Studien als hinreichend sicher eingeschätzt worden. Daraufhin erteilte die FDA im Mai 2009 einen IND (*Investigational New Drug*)-Status, also die Erlaubnis für die Durchführung der ersten klinischen Studien, in diesem Fall zunächst bei gesunden Probanden. Der Antikörper erhielt den Namen Guselkumab.

Nachdem diese sogenannten Phase-I-Studien erfolgreich abgeschlossen waren, starteten 2011 die ersten Untersuchungen des Wirkstoffs bei Psoriasis-Patienten in der klinischen Phase II. In dieser Placebo-kontrollierten

Studie konnte unter anderem gezeigt werden, dass eine große Anzahl von Patienten bereits nach einer Dosis von Guselkumab eine deutliche Verbesserung der Symptome der Schuppenflechte zeigten.

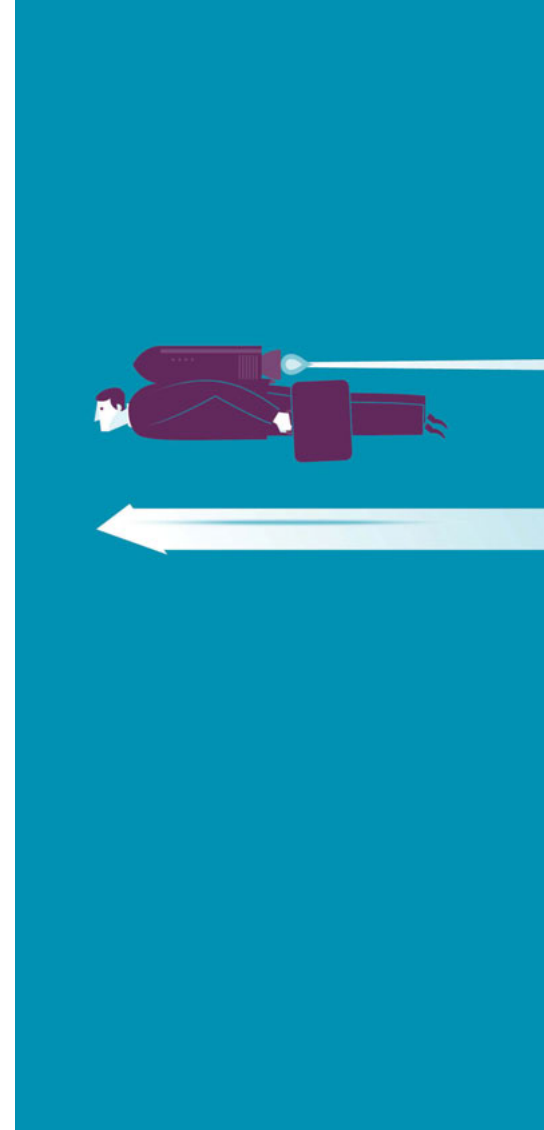
In der Zwischenzeit hatte Centocor, das 2011 in Janssen umbenannt worden war, auch noch eine weitere klinische Studie in psoriatischer Arthritis begonnen – eine Erkrankung, bei der Schuppenflechte-Patienten zusätzlich Symptome von rheumatischen Erkrankungen zeigen.

»Die Herausforderung war es, für das damals neue und noch weitgehend unerforschte Zielmolekül die komplette Target-Validierung inklusive Essay-Entwicklung durchzuführen – also angewandte Grundlagenforschung zu betreiben.«

In der ersten von mehreren Phase-III-Studien bei Patienten mit moderater bis schwerer Form von Schuppenflechte, die 2014 begonnen und deren Ergebnisse im Oktober 2016 veröffentlicht wurden, konnten die positiven Ergebnisse der Phase-II-Studie nicht nur im Vergleich zu einem Scheinmedikament, sondern auch im Vergleich zu einer Standardmedikation, der Behandlung mit dem Antikörper Humira, bestätigt werden [1], [7]. Die Studie erreichte die primären und alle wesentlichen sekundären Endpunkte mit statistischer Signifikanz und zeigte bei der Herstellung reiner beziehungsweise fast reiner Haut (gemessen beispielsweise durch die Parameter IGA 0 oder 1 und PASI 90 in Behandlungswoche 16) bei Patienten die Überlegenheit der Behandlung mit Guselkumab.

Im November 2016 teilte Janssen mit, die Marktzulassung für Guselkumab bei den Gesundheitsbehörden in den USA und Europa beantragt zu haben. Im März 2017 meldete Janssen positive Ergebnisse von Guselkumab aus zwei weiteren Phase-III-Studien bei Schuppenflechte. Zudem teilte das Unternehmen im Mai 2017 mit, die möglichen Indikationsbereiche von Guselkumab ausweiten und Phase-III-Studien auch in den Indikationen psoriatische Arthritis und Morbus Crohn, einer chronisch-entzündlichen Darmerkrankung, starten zu wollen.

Natürlich und auch das mussten die Morphosys-Wissenschaftler, wie die anderer Biotech-Unternehmen auch, im Laufe der Jahre lernen, funktioniert Medikamentenentwicklung nicht immer so reibungslos wie



bislang bei Guselkumab. Der Stopp eines Programms, das „Abstürzen“ oder auch „Attrition“ genannt, schlägt immer wieder zu. Gründe sind neben den erwähnten biophysikalischen Eigenschaften des Moleküls, die man aufgrund der Erfahrung heute zunehmend im Griff hat, unerwartet auftretende Toxizitäten oder die mangelnde Wirksamkeit des Moleküls, die meistens der Auswahl des Targets geschuldet ist.

Aber auch strategische Entscheidungen aufgrund von Marktgröße, Indikationsfokuswechsel oder Wettbewerb führen dazu, dass im Durchschnitt nur zehn Prozent der Medikamente, die eine IND erhalten, auch den Markt erreichen (Hay *et al.*, 2014). Glücklicherweise sind die Quoten für Antikörper besser, besonders für voll humane, weil die Nebenwirkungen von Antikörpern aufgrund deren Spezifität deutlich reduziert sind. Von ihnen erreicht statistisch gesehen ein deutlich höherer Prozentsatz den Markt. Diese Erfahrungswerte tragen natürlich auch zu den relativ langen Zeitlinien von der Technologie bis hin zum vermarkteten Produkt bei.

Aktuell ist die Hoffnung bei Morphosys entsprechend groß, dass Guselkumab all diese Hürden erfolgreich genommen hat und als erstes Medikament aus der HuCAL-Technologie seinen Weg in die Apotheke findet. Guselkumab ist aber nur einer von mehr als



zwanzig klinischen Kandidaten aus dieser Plattform, die aktuell im Menschen in Indikationen wie Alzheimer, Multiples Myelom, Makula-Degeneration oder soliden Tumoren getestet werden.

Inzwischen hat Morphosys das Neugeschäft im Dienstleistungsbereich weitgehend aufgegeben. Stattdessen reinvestiert das Unternehmen seine Mittel, die zum großen Teil aus dem erfolgreichen Partnergeschäft stammen, in die klinische Entwicklung und den Aufbau seiner eigenen Antikörper-Pipeline, insbesondere im Bereich Krebs. Ein erster Wirkstoff daraus, der Antikörper MOR208, hat kürzlich eine zulassungsrelevante Phase-III-Studie in der Blutkrebsindikation „diffus großzelliges B-Zell-Lymphom“ (DLBCL) gestartet.

In der Technologieentwicklung sind Wissenschaftler niemals zufrieden. Die Antikörper-Ingenieure aus Planegg haben die Grenzen ihrer Technologie kennen gelernt und sind stetig damit beschäftigt, diese den neuen Anforderungen anzupassen. So startete Morphosys vor einigen Jahren die Antikörperbibliothek der neuen Generation namens Ylanthia und brachte daraus 2016 gemeinsam mit der belgischen Biotechfirma Galapagos einen ersten Antikörperkandidaten gegen atopische Dermatitis (Neurodermitis) in die klinische Entwicklung.

Aktuell arbeitet Morphosys an den Antikörpertechnologien von morgen und von übermorgen – bis deren Früchte einmal die klinische Entwicklung oder den Markt erreichen, werden die Forscher noch viele Jahre an der Laborbank, am PC oder in der klinischen Entwicklung aktiv sein.

Zum Autor

Markus Enzelberger ist seit 2002 in leitenden Positionen in der Forschung und Entwicklung bei Morphosys tätig und seit April 2017 Interims-Forschungsvorstand. Der promovierte Chemiker ist Miterfinder der HuCAL Platinum- und Ylanthia-Antikörper-Bibliotheken und arbeitet an einer Vielzahl von Programmen der Morphosys-Pipeline, darunter Guselkumab.

Referenzen

- [1] Blauvelt, A., Papp, K.A., Griffiths, C.E.M., Randazzo, B., Wasfi, Y., Shen, Y.-K., Li, S., and Kimball, A.B. (2017). Efficacy and safety of guselkumab, an anti-interleukin-23 monoclonal antibody, compared with adalimumab for the continuous treatment of patients with moderate to severe psoriasis: Results from the phase III, double-blinded, placebo- and active comparator-controlled VOYAGE 1 trial. *J Am Acad Dermatol* 76: 405-17.
- [2] Dübel, S. (2016). Maßgeschneiderte Multitalente. *Laborjournal* 7-8, 56-8.
- [3] Hay, M., Thomas, D.W., Craighead, J.L., Economides, C., and Rosenthal, J. (2014). Clinical development success rates for investigational drugs. *Nat Biotechnol* 32: 40-51.
- [4] Knappik, A., Ge, L., Honegger, A., Pack, P., Fischer, M., Wellenhofer, G., Hoess, A., Wölle, J., Plückthun, A., and Virnekäs, B. (2000). Fully synthetic human combinatorial antibody libraries (HuCAL) based on modular consensus frameworks and CDRs randomized with trinucleotides. *J Mol Biol* 296: 57-86.
- [5] Nawas, Z., Hatch, M., Ramos, E., Liu, M., Tong, Y., Peranteau, A., and Tying, S. (2017). A Review of Guselkumab, an IL-23 Inhibitor, for Moderate-to-Severe Plaque Psoriasis. *Skin therapy lett* 22: 8-10.
- [6] Oppmann, B., Lesley, R., Blom, B., Timans, J.C., Xu, Y., Hunte, B., Vega, F., Yu, N., Wang, J., and Singh, K., et al. (2000). Novel p19 protein engages IL-12p40 to form a cytokine, IL-23, with biological activities similar as well as distinct from IL-12. *Immunity* 13: 715-25.
- [7] Reich, K., Armstrong, A.W., Foley, P., Song, M., Wasfi, Y., Randazzo, B., Li, S., Shen, Y.-K., and Gordon, K.B. (2017). Efficacy and safety of guselkumab, an anti-interleukin-23 monoclonal antibody, compared with adalimumab for the treatment of patients with moderate to severe psoriasis with randomized withdrawal and retreatment: Results from the phase III, double-blind, placebo- and active comparator-controlled VOYAGE 2 trial. *J Am Acad Dermatol* 76: 418-31.



Illustr.: iStock / Akindo

Auf der Suche nach Regeln und Ausnahmen

VON OLAF WOLKENHAUER, ROSTOCK

Welche Gesetzmäßigkeiten stecken hinter den Wechselwirkungen von Zellen innerhalb eines Zellverbands? Eine Antwort auf diese Frage finden Biologen nur, wenn sie die interagierenden Zellen als Ganzes betrachten.

Wir suchen in den Lebenswissenschaften nach Regeln und sobald wir glauben, eine gefunden zu haben, erkennen wir die Bedeutung von Ausnahmen. Jeder kennt das Geräusch von Wellen, die an den Strand plätschern. Immer wieder, eine nach der anderen, immer gleich ... und doch auch immer etwas anders. Wie Wellen besteht auch Musik weitestgehend aus sich wiederholenden Elementen, die jedoch variieren. Ohne Variationen, ohne Abweichungen von der Regel würden wir den Klang der Wellen und Musik als monoton und uninteressant empfinden.

Für unseren Alltag und unser Arbeitsleben gilt ähnliches; wir suchen Regelmäßigkeit, aber es sind die gelegentlichen Abweichungen von der Regel, die unser Leben, unsere Arbeit

interessant machen. Ist das Prinzip der ‚unregelmäßigen Regelmäßigkeit‘ ein universelles Prinzip, das lebende Systeme charakterisiert und lebendig macht?

»Der Prozess, in dem wir entscheiden, welche Hypothesen wir aufstellen, ist aber oft der wertvollste Teil eines Projektes.«

Ich habe einen großen Teil meiner Kindheit mit einem Fernglas um den Hals verbracht und die Natur beobachtet. Dabei habe ich versucht,

Ordnung in meine Beobachtungen zu bringen, Muster und Regeln zu entdecken. Besonders interessant fand ich, dass es so schien, als wären in der Natur Ausnahmen die Regel. Ich hatte damals davon geträumt, aus dieser Leidenschaft einen Beruf zu machen, aber meine Eltern „überzeugten“ mich, ein Ingenieursstudium zu beginnen. Während des Studiums der Regelungstechnik lernte ich das Verhalten dynamischer Systeme mit Hilfe mathematischer Methoden zu analysieren und konnte damals nicht ahnen, dass mir dies die Rückkehr zur Biologie ermöglichen würde.

Ich hatte meinen Traum nie aufgegeben und als Ingenieur immer wieder versucht, mit Biologen Kontakt aufzunehmen. Das stieß damals zunächst nicht auf viel Gegenliebe,

aber irgendwann zwang die Komplexität lebender Systeme auch die Biologen dazu, über interdisziplinäre Kooperationen mit Typen wie mir nachzudenken. Ich bin unglaublich dankbar, dass ich Forscher werden durfte und mich inzwischen über einen so langen Zeitraum mit den Dingen befassen konnte, die mir Freude bereiten. Von den Vorhaben, von denen ich jetzt träume, möchte ich hier erzählen.

An der Uni Rostock versucht meine Arbeitsgruppe, mit Hilfe mathematischer Methoden zu verstehen, wie die Interaktionen von Molekülen Zellfunktionen in einem Gewebe regulieren. Das „Wie“ wird mit Mechanismen erklärt, die sich als Netzwerke interagierender Moleküle darstellen lassen. Seit siebzehn Jahren beschreiben wir jetzt schon solche Mechanismen Jahr ein, Jahr aus immer andere Netzwerke, aber irgendwie auch immer gleich.

Mechanismen gibt es wie Sand an der Ostsee. Wovon ich jetzt träume, ist die Entdeckung einer Gesetzmäßigkeit, einer Regel, eines Organisationsprinzips, das beschreibt wie Zellen interagieren, damit sie als Zellpopulation funktionieren. Dieses allgemeingültige Prinzip zu entdecken, ist jedoch so schwierig, wie die Suche nach einer Flaschenpost in der Ostsee.

Mein Ziel werde ich jedoch nicht erreichen, wenn ich so weitermache wie bisher – es ist also wieder mal an der Zeit, ausgetretene Pfade zu verlassen. Allerdings muss ich zugeben, dass ich noch nicht einmal weiß, für welches experimentelle System, mit welchen Zellen, oder für welche Krankheit ich ein Orga-

»Für unseren Alltag und unser Arbeitsleben gilt ähnliches; wir suchen Regelmäßigkeit, aber es sind die gelegentlichen Abweichungen von der Regel, die unser Leben, unsere Arbeit interessant machen.«

nisationsprinzip entdecken möchte. Ich weiß jedoch, dass die Methode, mit der ich die Entdeckung machen möchte, ein mathematisches Konzept ist. Der Grund dafür ist, dass Daten nicht für sich sprechen, sondern in einen Kontext eingebunden sind. Um eine Gesetzmäßigkeit zu finden, muss ich in der Lage sein, Mechanismen zu verallgemeinern. Die Mathematik bietet einen solchen formalen Rahmen, um mit Hilfe von Abstraktion „heraus zu zoomen“ und molekulare Mechanismen aus ihrem Kontext heraus zu verallgemeinern. Bei der Beschreibung molekularer Netzwerke ist die mathematische Modellierung inzwischen un-

ersetzlich. Warum das so ist, ist nicht für jedermann leicht zu verdauen, sollte aber dennoch immer wieder hervorgehoben werden: Bei Prozessen, in denen der zeitliche Verlauf von Konzentrationen einzelner Variablen das Verhalten des Systems bestimmt, gibt es tatsächlich keine Alternative zur Systemtheorie. Die Mechanismen nichtlinearer dynamischer Systeme lassen sich nur mit diesen Methoden verstehen.

Für eine vorliegende Fragestellung wird hierbei zunächst ein System aus interagierenden Objekten (Moleküle, Zellen) definiert. Anschließend wird das Netzwerk ‚modelliert‘, um es einer Analyse mithilfe mathematischer und computergestützter Verfahren zugänglich zu machen. Der Schlüssel ist hier ebenfalls die Abstraktion.

Leider verbinden viele Menschen mit Abstraktion etwas Negatives. Ich sehe in ihr etwas fundamental Wichtiges für die Erforschung komplexer lebender Systeme. Auch wenn man das Bestreben hat, mit der mathematischen Modellierung eine „realistische“ Darstellung der Natur zu finden, muss man akzeptieren, dass Modelle zellulärer Netzwerke keine exakten Abbildungen der biophysikalischen und biochemischen Realität sind. Diese Erkenntnis widerstrebt einem, da sich die Frage stellt, wie ein vermeintlich unrealistisches Modell Erkenntnisse über ein biologisches System bringen kann? Tatsächlich liegt aber genau in der Abstraktion der Wert der Modellierung.

Die Komplexität lebender Systeme zwingt uns dazu, vereinfachende, reduzierende Annahmen zu machen. Der Prozess, in dem wir entscheiden, welche Hypothesen wir aufstellen, ist aber oft der wertvollste Teil eines Projektes. Das Modell mag das Ziel sein, aber der Weg dorthin ist für den Erkenntnisgewinn entscheidend. Dieser interdisziplinäre Diskurs zwischen dem „Modellierer“ und den Experten in Labor und Klinik lässt sich (zum Glück) nicht automatisieren.

Im Grunde genommen möchte ich mit meiner Forschung unterstützen, was sonst in guten Review-Artikeln geschieht: „Heraus zoomen“, mechanistische Details aus vielerlei Experimenten und Projekten zu einem Gesamtbild integrieren. Um aus der Interaktion von Molekülen in einer Zelle auf deren Funktionen zu schließen, muss ich die Ergebnisse, die in einem ausgewählten experimentellen System, mit einer Auswahl bestimmter Technologien erzeugt wurden, verallgemeinern. So untersuchen wir in einer ausgewählten Zelllinie mit Hilfe der Proteomik den Zelltod und gehen davon aus, dass diese Erkenntnisse, trotz der Einschränkung auf eine Zelllinie und nur eine Technologie, allgemeine Gültigkeit haben.

In der Biomedizin gehen wir häufig noch einen Schritt weiter und untersuchen beispiels-

weise einen durch wenige Moleküle (zumeist subjektiv) definierten Signalweg. Hierdurch erhoffen wir uns nicht nur Erkenntnisse zur Apoptose, sondern vielleicht auch über die Metastasierung ein Prozess, der auf der Ebene von Geweben und über Organe hinweg stattfindet. Was wir mit Hilfe der uns zur Verfügung

»Was wir mit Hilfe der uns zur Verfügung stehenden Technologien derzeit überwiegend tun, ist ein „Herein zoomen“, was wir aber eigentlich wollen ist ein „Heraus zoomen“!«

stehenden Technologien derzeit überwiegend tun, ist ein „Herein zoomen“, was wir aber eigentlich wollen ist ein „Heraus zoomen“! Wir verwenden Technologien, die immer mehr Detailwissen generieren. Uns fehlen jedoch Ansätze, um aus diesen Gesetzmäßigkeiten zu formulieren. Statt Mikroskope, will ich „Makroskope“ bauen.

An der Uni Rostock ist man nicht weit vom Strand entfernt, und so nutze ich als leidenschaftlicher Kitesurfer gleich mehrere Anbieter von Windvorhersagen und deren mathematische Modelle, um zu entscheiden, ob ich im Büro den Stift aus der Hand lege und mich auf den Weg an den Strand mache. Am Surfen gefällt mir, was mich schon beim Studium an Bibliotheken gereizt hat: Ich mach mein Ding, ich bin für mich, aber ich bin nicht allein. Man trifft am Strand Gleichgesinnte, die eigentlich nichts miteinander zu tun haben und dennoch eine Gemeinschaft bilden. Für ein gutes Team in der Forschung muss ebenfalls eine Balance zwischen Individualität und Gemeinschaft gefunden werden. Etwas abstrakter formuliert ist ein gutes Forscherteam eine Mischung aus Pluralität, Gelegenheiten und stetiger Veränderung also ein lebendes System.

In meinem Traumprojekt betrachte ich das Gewebe eines Organs als eine Gemeinschaft von Zellen. So wie der Gesetzgeber vorsieht, dass wir die Ampel bei Rot nicht überqueren, gibt es für das zelluläre System als Ganzes Regeln, wie zum Beispiel die Vermeidung von Zellteilung im Kontext von Neoplasmen und Tumoren. Zellen respektieren Regeln, handeln aber dennoch in Grenzen autonom.

Mir geht es nicht viel anders. Als Verkehrsteilnehmer respektiere ich die Regel, handle aber in einem konkreten Kontext nach einer eigenen Norm. Ich wurde deshalb auch schon mal dabei beobachtet, wie ich eine rote Fußgängerampel mit dem Rad überquert habe. In



unserer Gesellschaft sind Regeln essentiell, aber es sind Normen, die dafür sorgen, dass eine Gesellschaft tatsächlich gesund ist, und funktioniert. Regeln sind für das „Wir“, Normen für das „Ich“. Normen beschreiben was für mich persönlich normal ist, was ich in einer konkreten Situation für richtig halte, auch wenn dies einmal von der Regel abweichen sollte.

Sehr interessant ist, dass Normen einen Wandel durchmachen können, selbst wenn sich die Regeln einer Gesellschaft nicht ändern. Wer sich lange genug an einer Uni aufhält, stellt fest, dass diese nicht *wegen*, sondern *trotz* der Regeln funktioniert. Regeln dienen vor allem dazu, einzuschränken, zu limitieren. Damit ein System funktioniert, eine Gemeinschaft lebendig und gesund, ein Leben lebenswert ist, muss es jedoch möglich sein, von Regeln abzuweichen. Meine Erfahrung mit menschlichen Gemeinschaften ist, dass Probleme oft nicht von denen ausgehen, die von Regeln abweichen, sondern von denen, die auf ihre Einhaltung bestehen (und damit oft immer neue generieren).

Übertragen auf Zellen bedeutet dies, dass ein besseres Verständnis der Beziehungen zwischen den Teilen eines Systems und dem

Verhalten des Systems als Ganzes von zentraler Bedeutung für den Fortschritt in der biomedizinischen Forschung ist.

Wenn ich so etwas wie Krebs verstehen will, geht dies nicht, in dem ich mit Hilfe von Sequenzierungs-Technologien nach Mutationsmustern suche oder Zellen in Isolation betrachte. Es ist, als würden wir versuchen, ein gesellschaftliches Problem wie Kriminalität zu

»Ich beschreibe dies gerne als „Ich-Wir-Prinzip“, das erklärt wie ein Individuum (Mensch, Zelle) und dessen Umgebung (Verbund, Population) in Beziehung zueinander stehen.«

verstehen, indem wir Gesetzesbrecher einzeln betrachten und nach Haarfarbe, Körpergröße und Bekleidung sortieren. Vielmehr müssen wir das Teil in Beziehung zu seiner Umgebung betrachten, und dabei geschieht in lebenden

Systemen etwas ganz Besonderes: Die Teile des Systems bestimmen das System als Ganzes, welches jedoch wiederum die Funktion seiner Teile bestimmt. Das Ganze und seine Teile bestimmen sich gleichzeitig gegenseitig. Ich beschreibe dies gerne als „Ich-Wir Prinzip“, das erklärt wie ein Individuum (Mensch, Zelle) und dessen Umgebung (Verbund, Population) in Beziehung zueinander stehen.

Mein Leben wird maßgeblich von anderen bestimmt, aber gleichzeitig bin auch ich für andere in meiner Umgebung bestimmend. Für Zellen bedeutet dies, dass ihr Verhalten zwar durch Regeln der Gewebeorganisation diktiert wird, sie aber gleichzeitig auch eine gewisse Autonomie haben, ihre Umgebung interpretieren und entsprechend auch abweichend von der Regel agieren können. Um von Zellen auf das Gewebe, von molekularen Mechanismen auf physiologische Gewebefunktionen zu schließen, muss ich also abstrahieren und verallgemeinern. Ich suche derzeit nach mathematischen Formalismen die es mir erlauben, solche Fragestellungen zu formulieren.

Ich sehe den Ursprung systembiologischer Ansätze in der Erkenntnis der Biochemiker, dass man ein Netzwerk interagierender Moleküle

nur dann als Ganzes verstehen kann, wenn man es auch als Ganzes (Netzwerk) untersucht, und davon abkommt, aus der Struktur der Moleküle allein Schlüsse über deren Funktion in einem Netzwerk zu ziehen. Mit der Systemmedizin verbinde ich persönlich einen Übergang in meinem Denken, in dem ich versuche mich aus dem Kontext zellulärer Mechanismen zu befreien, um über das „Ich-Wir-Prinzip“ lebender Systeme nachzudenken.

In vielen Disziplinen der Biowissenschaften werden alle Hoffnungen auf Technologien gesetzt und die Entwicklung von „Theorie“ vernachlässigt. Ich bin jedoch überzeugt, dass vor allem neue Herangehens- und Denkweisen im Umgang mit Daten vonnöten sind. Mathematische Methoden helfen uns dabei, Hypothesen systematisch zu formulieren und Experimente zu deren Validierung zu entwerfen. Die Komplexität der Systeme, mit denen wir uns befassen, generiert Unsicherheiten und zwingt uns deshalb zum Raten. Mathematik hilft uns, bei Unsicherheiten systematischer zu spekulieren. Ein systembiologischer oder systemmedizinischer Ansatz ist deshalb eine Art intelligentes Raten – nicht mehr, aber eben auch nicht weniger.

Trotz der unglaublichen Komplexität von Wind und Wellen, können wir mit Hilfe mathematischer Methoden versuchen, sie zu verstehen. Was ich dabei besonders faszinierend

»Ein systembiologischer oder systemmedizinischer Ansatz ist deshalb eine Art intelligentes Raten – nicht mehr, aber auch nicht weniger.«

finde, ist die Rolle der Abstraktion. Wir benötigen relativ wenige Symbole, um auf abstrakte Weise unglaublich komplexe und schöne Dinge in der Natur zu beschreiben. Man denke nur an Einsteins $E=mc^2$ – fünf Symbole für ein Naturgesetz.

Die Musik ist ein weiteres Beispiel, das mich fasziniert: Mit wenigen Strichen und Punkten kann man so etwas wunderbar Komplexes und Schönes beschreiben. Neben dem Kitesurfen und dem DJing, produziere ich seit ein paar Jahren elektronische Musik und bin dort genau wie bei meiner Forschung auf der Suche nach Mustern und Regeln. Bei Wellen, in der Musik und im Leben beobachtet man, dass es Ausnahmen von der Regel sind, die dafür sorgen, dass es nicht langweilig, sondern interessant wird. (Einige meiner musikalischen „Publikationen“ kann man hier finden: www.soundcloud.com/shorty-ut-rostock). Musik und Surfen

passen wunderbar zusammen. In beiden Fällen konzentriert man sich auf das Hier und Jetzt, blendet alles andere aus. Dieses „Im Moment sein“, sorgt dafür, dass man sich lebendig fühlt, das Leben lebt und nicht einfach an sich vorbeiziehen lässt.

Beim Surfen und beim Produzieren von Musik helfen die gleichen Eigenschaften, die wir in der Forschung brauchen – Ausdauer und Geduld. Ich habe dabei gelernt, dass es wichtig ist, sein Glück nicht an Dingen in der Zukunft festzumachen – man findet sein Glück nicht darin, *irgendwann* glücklich zu sein. Es ist nicht das fertige Stück Musik, das erstellte Modell, sondern der Prozess, der Weg zu diesem Ziel der mir bereits eine große Zufriedenheit bringt. Diese Erkenntnis erlaubt mir auch einen entspannten Umgang mit dem Scheitern in der Forschung. Dennoch will ich auf keinen Fall im Wartezimmer der Zukunft sterben.

Für meinen Traum, ein Organisationsprinzip in Zellverbänden zu entdecken, gilt was sich bei allen anderen Dingen, die schwer oder unmöglich schien, bewährt hat: Aufgeben ist keine Option. Jetzt, wo das Haar dünner und grau wird, stehe ich regelmäßig vor Schülern, um sie für ein Studium zu begeistern, und es fällt mir nicht leicht Ratschläge zu erteilen. Ich war ein mittelmäßiger Schüler, der ohne Plan und ohne Abitur von der Schule eine Lehre anging. Erst dort ist bei mir eine Lampe angegangen, und es bildete sich so etwas wie ein konkretes Interesse.

Eine Regel, die sich aus meinem sehr unregelmäßigen Werdegang finden ließe, ist vielleicht: Wie bei den Wellen und der Musik wird es interessant, wenn man unerwartet von dem was zu erwarten wäre, abweicht. Egal, ob man gleich studiert oder erst eine Ausbildung macht. Zum Ende eines Abschnitts, bis hin zur Promotion und Berufung als Professor/in, sollte man über den Tellerrand hinaus schauen, Verbindungen zu anderen Forschungsfeldern suchen, sich auf Neues einlassen. Ich bin fest davon überzeugt, dass echte Fortschritte in der biomedizinischen Forschung nur durch interdisziplinäre Teams möglich sein werden. Hierfür sind Menschen nötig, die am Ende ihres Studiums, ihrer Promotion oder Habilitation, dazu bereit sind, sich darauf einzulassen, von der Regel abzuweichen.

Wenn man am Strand von Rostock-Warnemünde steht, sieht und hört man nicht nur Wellen, sondern auch Kreuzfahrtschiffe, die in den Hafen einlaufen. Um solche Pötte zu bauen, braucht es Teams aus mehreren Hundert Experten mit unterschiedlichster Ausbildung. Wie kann es sein, dass wir uns einbilden, mit Gruppen von fünf bis zwanzig Leuten komplexe Prozesse wie zum Beispiel Apoptose oder Metastasierung zu verstehen? Aus diesem Grund können wir erst dann damit rechnen,

dass Nobelpreise für Medizin auch etwas für Patienten bringen, wenn diese nicht mehr an Einzelpersonen, sondern an große Teams vergeben werden.

Ein erster Schritt wäre es, die Komplexität lebender Systeme anzuerkennen, die daraus folgenden Unsicherheiten zu begreifen, um dennoch nicht aufzugeben, solche wunderbaren Prozesse zu verstehen. Die Lebenswissen-

»Wie kann es sein, dass wir uns einbilden mit Gruppen von fünf bis zwanzig Leuten komplexe Prozesse, wie zum Beispiel Apoptose oder Metastasierung zu verstehen?«

schaften müssen dafür einiges dazu lernen, etwa wie man große Teams zusammenstellt in denen Teilprojekte und das große gemeinsame Ziel in einer besonderen Beziehung zueinander stehen.

Für eine Forscher-Generation, die die Zukunft in diesem Sinn gestaltet, braucht es Persönlichkeiten, die ein Studium nicht einfach nur hinter sich bringen wollen. Sie müssen sich auch die Mühe machen, ständig Neues dazuzulernen, um weitere Forschungsfelder zu erobern. Ich kann diesen Weg mit vollem Herzen empfehlen – und mit etwas Glück findet man auch einen Job an der Uni. Dort stellt man dann als Professor fest, dass sich zwar alles von Semester zu Semester wiederholt, es aber nie langweilig wird, weil immer jemand von der erwarteten Spur abweicht.

Ich träume davon, dass auch mir dies noch einmal gelingt – selbst wenn die Entdeckung eines allgemeingültigen Prinzips bei der Interaktion von Zellen so schwierig ist, wie eine Flaschenpost in der Ostsee zu finden.

Zum Autor

Olaf Wolkenhauer studierte Regelungstechnik in Hamburg und Portsmouth, UK. 2003 wurde er auf den neu eingerichteten Lehrstuhl für Systembiologie an das Institut für Computerwissenschaften der Uni Rostock berufen. Wenn er nicht über seinen Formeln brütet, fliegt er mit dem Kitesurf-Brett über die Wellen der Ostsee oder komponiert elektronische Musik.

Patch-Clamp 2.0 – die nächste Generation der Patch-Clamp-Methode

VON JOSÉ GUZMÁN, GASTON SENDIN UND PETER JONAS, KLOSTERNEUBURG

Die Patch-Clamp-Technik revolutionierte in den achtziger Jahren die Forschung an Synapsen. Mit neuen, verfeinerten Patch-Clamp-Varianten kommen Neurowissenschaftler dem langgehegten Ziel immer näher, die Vorgänge in Molekülen und Zellen mit dem Verhalten von Versuchstieren zu verknüpfen.

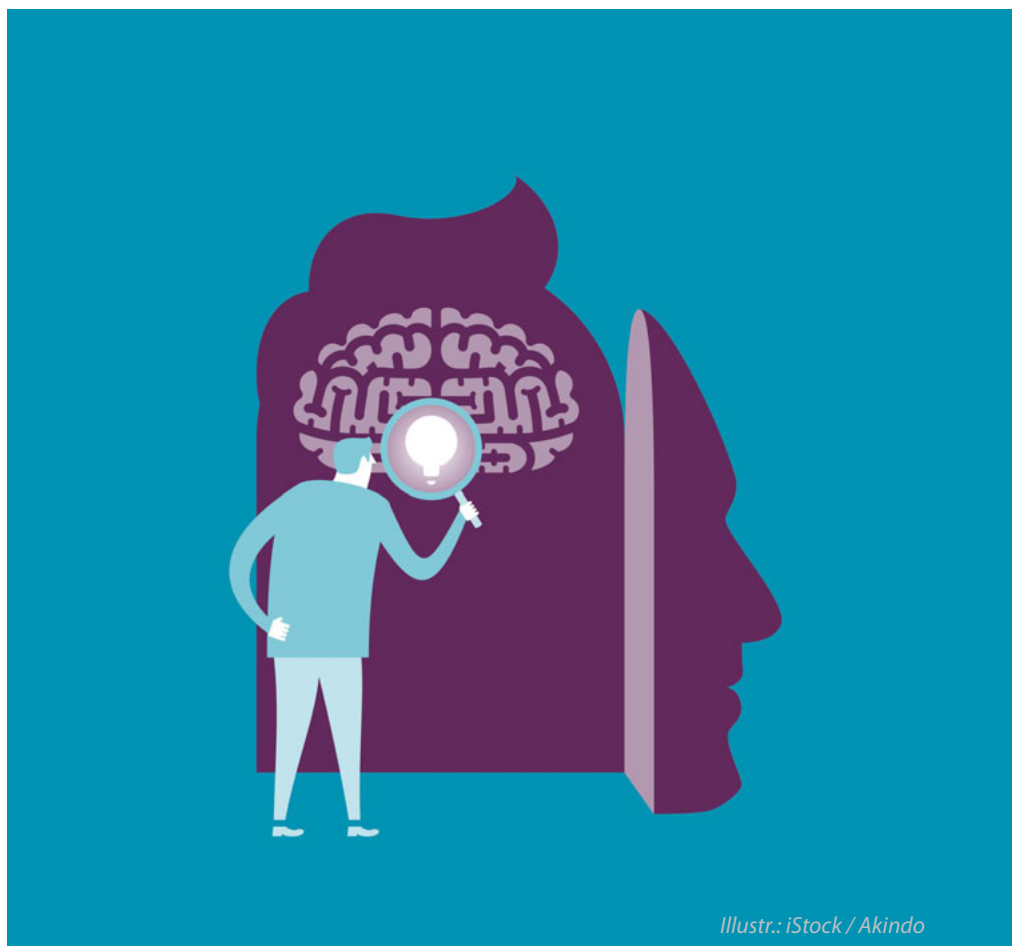
Zehn Jahre nach Einführung der Patch-Clamp-Technik erklärte Fred Sigworth, der Anfang der achtziger Jahre als Postdoc im Labor der Patch-Clamp-Erfinder und Nobelpreisträger Erwin Neher und Bert Sakmann gearbeitet hatte: „Patch-Clamp ist nützlicher als alle erwartet hatten“ (1). Durch eine verbesserte Auflösung der gemessenen Ströme von 1 Picoampere (pA) oder darunter eigneten sich die ursprünglichen Patch-Clamp-Konfigurationen hervorragend dazu, Ionenkanäle und Membranrezeptoren zu untersuchen (2).

Zu Beginn war die Methode auf die Erforschung einzelner Neurone und anderer Zellen begrenzt. In den neunziger Jahren wurde sie weiter optimiert und auf ganze Hirnscheiben (Brain Slices) ausgedehnt. Damals charakterisierten Forscher mit ihrer Hilfe Rezeptoren und Ionenkanäle, die an der synaptischen Übertragung exzitatorischer und inhibitorischer Synapsen beteiligt waren.

Mit der ersten Patch-Clamp-Generation etablierten Neurowissenschaftler die heute klassischen Patch-Clamp-Techniken, wie zum Beispiel Excised Patch (Inside-out und Outside-out) oder die Ableitung ganzer Zellen. Beim Excised-Patch-Modus wird ein kleiner Teil der Membran herausgelöst und elektrophysiologisch untersucht. Diese Technik wählen Neurowissenschaftler in der Regel, wenn sie einzelne Kanäle charakterisieren wollen.

Bei der Ableitung ganzer Zellen hat die Pipette Kontakt zum intrazellulären Medium und kann als Schleuse für Farbstoffe, kleine Moleküle oder Gene dienen. Mit dieser Methode lassen sich Spannungs- und Stromstärke-schwankungen über die Membran einer ganzen Nervenzelle untersuchen.

Schon im Verlauf der ersten Patch-Clamp-Generation gab es einige Neuerungen: Die Zell-Ableitung erlaubte die qualitative Detektion exprimierter Gene in Einzelzellen mit der Einzelzell-RT-PCR (3). Bei der Nucleated-Patch-Variante nutzten die Experimentatoren große Outside-out-Patches, die das Cytoplasma und den Zellkern enthielten, um an die perisomatischen Kanäle der Neurone heranzukommen. Obwohl diese Anwendungen damals visionär



Illustr.: iStock / Akindo

waren, ging es bei ihnen letztlich doch immer noch um Ionenkanäle und Rezeptoren. Der echte Übergang zu Patch-Clamp 2.0 kam erst, als Neuroforscher versuchten, neu aufgetauchte wissenschaftliche Fragestellungen mit der klassischen Patch-Clamp-Technik zu lösen. Zu diesen zählten zum Beispiel die Rolle neuronaler Kompartimente in komplexen Einzelzell-Berechnungen (Single cell computations), die Identifizierung lokaler Mikroschaltkreise in neuronalen Netzwerken oder der Zusammenhang zwischen Aktivität und Verhalten einzelner Neurone.

Die hieraus entstandene Patch-Clamp-Generation 2.0 umfasst im wesentlichen sub-

zelluläre Patch-Clamp-Techniken, multiple simultane Patch-Clamp-Ableitungen sowie *In-vivo*-Ableitungen.

Subzelluläre Patch-Clamp-Techniken basieren auf klassischen Patch-Clamp-Experimenten, deren Forschungsgegenstände jedoch deutlich kleiner sind. Dank technologischer Entwicklungen bei Mikromanipulatoren, Mikroskopen und der Brain-Slicing-Methode ist es mit ihnen möglich, neue, funktionelle Kompartimente wie Axone und Dendriten zu untersuchen. Insbesondere mechanisch stabile Mikromanipulatoren, mit Pipettenabweichungen von wenigen Mikrometern, erleichtern robuste Messungen kleinster Strukturen. Durchlicht-

(Infrarot- und Dodt-Mikroskopie) sowie Fluoreszenz-basierte Mikroskopie-Verfahren, wie zum Beispiel Konfokal- und 2-Photon-Mikroskopie, eröffnen Forschern eine verbesserte Sicht auf ihre Proben. Neue Brain-Slicing-Methoden erleichtern schließlich die Untersuchung feiner neuronaler Strukturen.

Diese subzellulären Techniken sind insbesondere für die Analyse neuronaler Subkompartimente und der Übertragung von Nervenimpulsen (synaptische Transmission) interessant. So gelang es zum Beispiel Forschern mit der Excised patch-Technik (einer subzellulären Variante des Outside-out-Modus) die Kanaldichte entlang der Dendriten zu kartieren. Dieser Durchbruch ebnete den Weg für weitere subzelluläre Patch-Clamp-Experimente, etwa die direkte Messung von Spannungsänderungen an Dendriten mit zwei oder mehr Mikroelektroden.

Diese Versuche führten unter anderem dazu, dass man die vorherrschende Ansicht, der Dendrit wäre eine eher passive Struktur, gründlich überdenken musste. Letztlich entstand hieraus die dendritische Integration als neues Forschungsfeld, und nicht zu Unrecht wurde 1997 zum „Jahr des Dendriten“ erklärt (5).

Zudem ergaben Messungen an Axonen, dass deren Initialsegmente (AIS) eine hohe Natriumkanal-Dichte aufweisen. Das AIS spielt vermutlich eine entscheidende Rolle bei der Erzeugung von Aktionspotentialen und könnte die zentrale Verarbeitungseinheit des Neurons sein. Mit subzellulärem Patching erhielten Forscher auch Zugang zu den 1 Mikrometer (im Durchmesser) messenden postsynaptischen Endknöpfchen (Boutons) auf sensori-

»Diese subzellulären Techniken sind insbesondere für die Analyse neuronaler Subkompartimente und der Übertragung von Nervenimpulsen (synaptische Transmission) interessant.«

schen Haarzellen, die einen Einblick in die Arbeitsweise der sensorischen Ribbon-Synapse gewährten.

Als Elektrophysiologen Mitte der neunziger Jahre subzelluläres Patch-Clamp für die Erforschung der synaptischen Transmission einsetzten, änderte sich gerade das experimentelle Paradigma der Synapsenforschung: Es wechselte von der klassischen neuromuskulären Endplatte beim Frosch zu zentralen Synapsen bei Säugetieren. So bietet etwa der als Modell dienende Held'sche Kelch von Säuger-

zellen sehr viele Vorteile. Es handelt sich hierbei um eine riesige auditorische Synapse mit einem großen präsynaptischen Axonterminal, welches das Signal an einen einzigen postsynaptischen Zellkörper weiterleitet.

Der Experimentator kann beide Elemente gleichzeitig patchen und Wirkstoffe ins Cytoplasma einschleusen, um deren Effekt auf die Neurotransmission zu testen. So existieren zum Beispiel Calcium-Chelatoren, welche die räumliche und zeitliche Ausbreitung von Calcium-Ionen in der Präsynapse einschränken. Ebenso ist es möglich, die Calcium-Konzentration gleichmäßig anzuheben, indem man sogenannte Caged Compounds, wie zum Beispiel DM-Nitrophen einsetzt. Dieses Molekül bindet an Calcium und lässt es wieder frei, wenn man einen ultravioletten Lichtimpuls anwendet.

Die exzitatorische Synapse zwischen der Moosfaser und der CA3-Pyramidenzelle im Hippocampus ist wahrscheinlich die repräsentativste kortikale Synapse, die kürzlich mit subzellulären Techniken untersucht wurde. Obwohl sie noch zu den großen Synapsen gerechnet wird, kann man an ihr präsynaptische Messungen am Endknöpfchen vornehmen (3-5 µm) und gleichzeitig das postsynaptische CA3-Pyramidenneuron anzapfen. Die Moosfaser-CA3-Pyramidenzell-Synapse zeigt die kanonische Form der präsynaptischen Langzeit-Potenzierung.

Mit dualen Ableitungen fanden Forscher heraus, dass Calcium zwischen seiner Eintrittsstelle und der Fusionsstelle der Vesikel von einem endogenen Puffer reguliert wird (6). Diese Synapse ist die einzig bekannte kortikale Synapse mit einer Eins-zu-Eins-Kommunikation. Sie generiert ein Aktionspotential bei nur einer einzigen präsynaptischen Stimulation, einige Sekunden nach einer hochfrequenten Aktivität (konditionaler Detonator). Aufgrund ihrer Detonations-Eigenschaften, wird die Moosfaser-CA3-Synapse auch die „Lehrer-Synapse“ genannt.

Subzelluläre Patch-Clamp-Techniken trugen zu erstaunlichen Erkenntnissen in den Neurowissenschaften bei. So kann sich zum Beispiel ein Aktionspotential, entgegen Cajals Prinzip des Informationsflusses von den Dendriten zum Zellkörper, auch rückwärts fortbewegen – vom Axon zu den Dendriten. Die Bildung von Aktionspotentialen ist demnach nicht nur Axonen vorbehalten – Dornenfortsätze (Dendritic Spines) gibt es bei fast allen Nervenzelltypen. Durch axonales Patch-Clamp identifizierten Forscher Ionenkanäle mit sehr schnellen Aktivierungskinetiken und optimalem Energieverbrauch (Nav1.2, Kv1.1 und Kv3.3).

Darüberhinaus schlugen Neurowissenschaftler auf ihrer Basis neue Wege der Informationskodierung (analog vs digital) vor, die

das Repertoire möglicher synaptischer Kommunikation zwischen Zellen erweiterten.

Als sich Neurowissenschaftler bei der Untersuchung der synaptischen Transmission von formellen biophysikalischen Herangehensweisen lösten, um auch neuronale Netzwerke miteinzubeziehen, entstand das neue Forschungsfeld der funktionellen Konnektomik. Dieses zielt darauf ab, die Aktivität eines Neu-

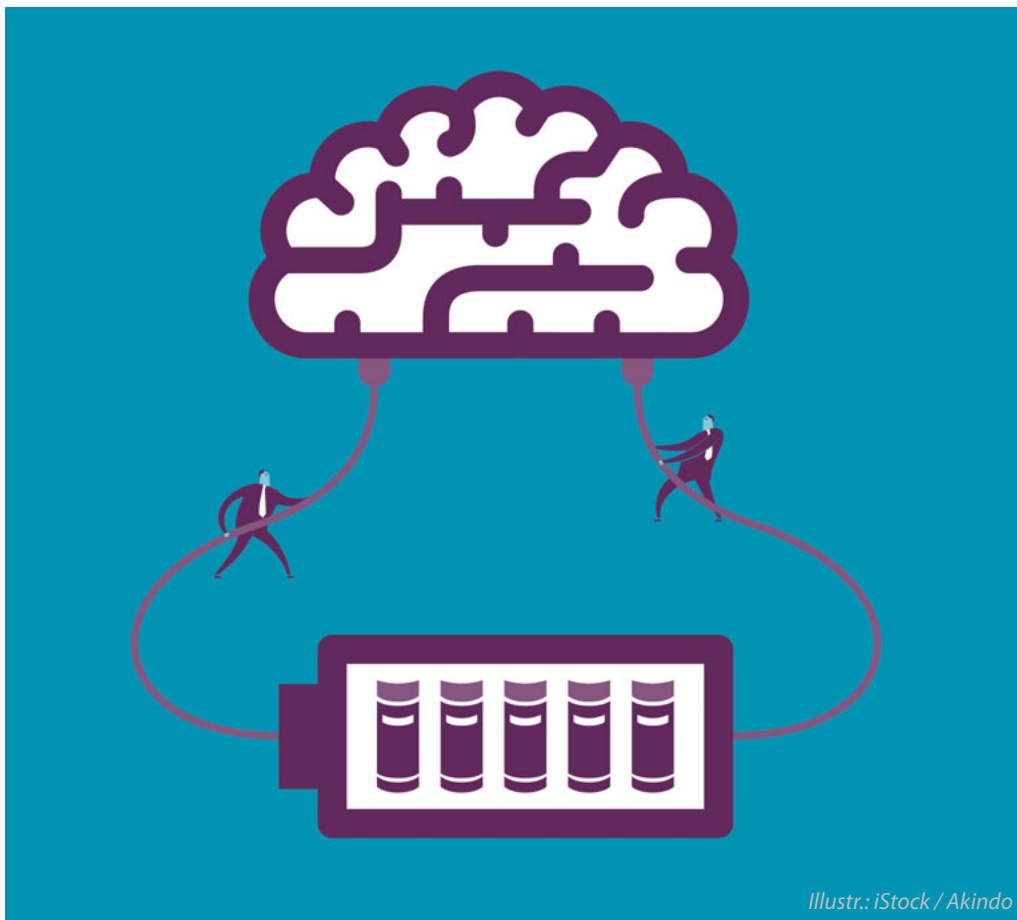
»Wagemutige Elektrophysiologen erweiterten die gepaarte Ableitungstechnik, indem sie simultane Patch-Clamp-Pipetten hinzufügten.«

rons (seine Funktion) innerhalb seiner Verschaltung (Konnektom) zu untersuchen. Synapsen übertragen die von Zellen abgefeuerten Aktionspotentiale (präsynaptische Seite), die beim Zielneuron (postsynaptische Seite) zu einer Spannungsänderung führen. Simultane Messungen an beiden Neuronen (gepaarte Ableitungen) sind deshalb hervorragend dazu geeignet, mehr über diese funktionellen Verbindungen zu lernen.

Löst der Experimentator ein präsynaptisches Aktionspotential aus, so kann er viele Eigenschaften einzelner synaptischer Antworten, etwa ihre Stärke, die Zahl der funktionellen Kontakte oder ihre Ausschüttungswahrscheinlichkeiten auf biophysikalischer Ebene charakterisieren. Initiiert man eine ganze Reihe von Aktionspotentialen nacheinander, ist es zudem möglich, die zeitlichen Abweichungen der Antwort (Kurzzeit-Dynamiken) auszuwerten. Hieraus erhält man schließlich die synaptische Signatur der funktionellen Verbindung zwischen zwei Neuronen.

Mit gepaarten Ableitungen lässt sich auch das Timing von Aktionspotentialen in zwei Neuronen präzise kontrollieren und die Hebb'sche Lernregel direkt nachweisen. Diese besagt, dass die synaptische Plastizität auf dem gemeinsamen Feuern von zwei Neuronen beruht (7). Hierdurch ist es zum Beispiel möglich, bei Paaren von Pyramidenneuronen aus der fünften Schicht des somatosensorischen Cortex einer Ratte, Plastizitätsänderungen herbeizuführen: Variiert man das Zeitintervall zwischen den Aktionspotentialen der präsynaptischen und postsynaptischen Zellen, so verändert sich die Verbindungsstärke zwischen den Neuronen (8).

Bei verschalteten Neuronen-Paaren führt die natürliche Reihenfolge der Aktivierung (zuerst Präsynapse, dann Postsynapse) zu einer verstärkten synaptischen Antwort, während



die umgekehrte Reihenfolge (zuerst Postsynapse, dann Präsynapse) den gegenteiligen Effekt bewirkt. Die Regeln für diese vom Timing der Impulsspitzen (Spikes) abhängige synaptische Plastizität (*Spike timing-dependent synaptic plasticity*, STDP), fanden Forscher mit Hilfe verbesserter Patch-Clamp-Methoden.

Wagemutige Elektrophysiologen erweiterten die gepaarte Ableitungstechnik, indem sie simultane Patch-Clamp-Pipetten hinzufügten. Das gleichzeitige Patchen (9) mehrerer Neurone im visuellen Kortex lieferte letztlich die funktionellen Verbindungsprinzipien beziehungsweise Motive (10). Die erhöhte Zahl simultan gepaarter Ableitungen hat einen entscheidenden Vorteil: In einer Vierer-Ableitungskonfiguration können sechs gepaarte Konfigurationen getestet werden, was zwölf möglichen synaptischen Verbindungen entspricht. Verwendet man jedoch die gleiche Zahl Elektroden (vier) mit der herkömmlichen Konfiguration gepaarter Ableitungen, sind nur zwei gepaarte Ableitungen möglich (vier synaptische Verbindungen). Gegenwärtig sind zwölf synaptische Verbindungen das Limit für simultanes Patch-Clampen.

Einen modernen Anstrich erhält die Technik, wenn man für die Messung genetisch markierte Neurone verschiedener neuronaler Unterklassen verwendet, die von transgenen Mäusen stammen. Wir leben in spannenden

Zeiten, in denen Elektrophysiologen mit einer Symbiose aus Mausgenetik, Fluoreszenzmikroskopie und hochentwickelten Patch-Clamp-Techniken funktionelle Mikroschaltkreise in neuronalen Netzwerken aufdecken.

Klassische Patch-Clamp-Ableitungen von Neuronen in Brain-Slice-Präparaten fanden ohne jegliche visuelle Unterstützung statt. Als diese Methode drohte, in den Hintergrund zu

»Wir leben in spannenden Zeiten, in denen Elektrophysiologen mit einer Symbiose aus Mausgenetik, Fluoreszenzmikroskopie und hochentwickelten Patch-Clamp-Techniken funktionelle Mikroschaltkreise in neuronalen Netzwerken aufdecken.«

geraten, erlebte sie durch die neu aufkommenden *In-vivo*-Ableitungen ein Comeback.

Bei *In-vivo*-Patch-Clamp-Techniken wird ein kleiner Teil des Gehirns freigelegt, um Neuronen des Gehirns „blind“, jedoch mit Hilfe stereotaktischer Koordinaten, anzuvisieren. Diese Technik hat zahlreiche Vorteile gegen-

über extrazellulären Verfahren, etwa Lokalfeld-Messungen, Silikon-Sonden oder Tetroden-Messungen. Mit ganzen Zellen lassen sich Aktionspotential-Muster den identifizierten Neuronen eindeutig zuordnen. Ebenso kann man unterschwellige Schwankungen (zum Beispiel postsynaptische Potentiale und Ströme) detektieren und gepatchte Zellen markieren. Noch muss man hierbei einige Abstriche machen: Die Messzeiten sind relativ kurz, die Möglichkeiten pharmakologischer Eingriffe gering und auch das Repertoire zu untersuchender Verhaltensweisen ist derzeit noch sehr überschaubar.

Trotz dieser Einschränkungen haben sich Neurowissenschaftler einige geniale Neuerungen bei *In-vivo*-Ableitungen ausgedacht. Besonders beliebt sind gegenwärtig Ableitungen ganzer Zellen in vollständig anästhetisierten Tieren. Die Neuronen der Tiere sind während der Experimente in ihre natürliche Umgebung eingebettet und lassen sich nach dem Einschleusen von Farbstoffen vollständig rekonstruieren.

Kombiniert man *In-vivo*-Ableitungen mit subzellulären Patch-Clamp-Techniken, so erhält man Zugang zu Dendriten in den äußeren Schichten des visuellen Kortex sowie zu den Axonen der Moosfasern im Kleinhirn. Die Verbindung von *In-vivo*-Ableitungen mit Lokalfeld-Messungen erlaubt es, lokale Interakti-

onen zwischen einem Neuron und den umgebenden Schaltkreisen zu verfolgen.

Auch Messungen tiefziehender Hirnstrukturen von Tieren im Wachzustand sind keine Science-Fiction mehr. Diese ermöglichen zum Beispiel Ableitungen kortikaler Neuronen in Ratten, die sich gerade über eine Laufkugelapparatur bewegen oder auf einem geraden Laufband rennen, und dabei entweder tatsächlich vorhandene Reize wahrnehmen oder Reize einer künstlichen Umgebung erfahren.

Obwohl *In-vivo*-Ableitungen noch in den Kinderschuhen stecken, fanden Neurowissenschaftler mit ihrer Hilfe eine Reihe neuer Zusammenhänge in Nervenzellen. So reagieren zum Beispiel die Dendriten der Pyramidenzellen der Schicht 2/3 des visuellen Kortex der Maus auf spezielle visuelle Reize (11). Die dendritischen Aktionspotentiale entsprechen hierbei selektiv der bevorzugten Reizorientierung. Sie liefern auch immer mehr Beweise dafür, dass CA1-Pyramidenzellen im Hippocampus feuern, wenn ein Tier eine bestimmte Umgebung betritt (Place cells). Dagegen zeigen inhibitorische Neurone des Hippocampus wenig räumliche Abstimmung, obwohl es auch Hinweise darauf gibt, dass Parvalbumin-positive Interneurone im Neokortex auf sensorische Stimuli reagieren.

Von Beginn an regten *In-vivo*-Ableitungen einige wissenschaftliche Diskussionen an. Eine der faszinierendsten Entdeckungen war die geringe Aktivität in Körnerzellen im Gyrus dentatus, der Eingangsstation des Hippocampus. Diese Zellen können jedoch auch Salven von bis zu 100 Aktionspotentialen pro Sekunde abfeuern. Dies führte zur Hypothese, dass das Körnerzell-Netzwerk die räumliche Information komprimiert. Dieser Mechanismus könnte eine der wirkungsvollsten Verschlüsselungsstrategien des Gehirns sein.

Die präzise Kontrolle der Genexpression und die gezielte Manipulation einzelner Neuronen sowie die Auswertung möglicher Verhaltensweisen versetzt Neurowissenschaftler in die Lage, spezifische Hirnfunktionen einzelnen Zellen zuzuordnen. Mit diesem kombinierten Ansatz sollte es auch gelingen, Ergebnisse von Einzelzell-Berechnungen mit Ergebnissen von Zellpopulationen in Einklang zu bringen.

Das Patch-Clampen wurde entwickelt, um zu verstehen, wie Ionen und Kanäle die Kommunikation zwischen Zellen vermitteln – diese Frage ist heute noch genauso relevant wie vor dreißig Jahren. Obwohl Neurowissenschaftler auf ihrer Reise zum Verständnis der neuronalen Signalverarbeitung viel erreicht haben, ist noch vieles offen.

Eine neue Generation automatisierter Patch-Clamp-Roboter erlaubt das Hochdurchsatz-Screenen von Wirkstoffen und eröffnet neue Perspektiven für die Behandlung von

Krankheiten. Diverse Labore entwickeln *In-vivo*-Patch-Clamp-Verfahren weiter, um die Langstrecken-Projektionen einzelner Neurone anatomisch identifizieren zu können.

Bald wird es mit Patch-Clamp-Techniken und viralen Gentransfektionstechnologien möglich sein, die Konnektome großer Hirnregionen zu untersuchen. Gleicht man diese Kartierungen mit verschiedenen Verhaltensmustern von Tieren ab, die sich frei bewegen, so erhält man ein Bild davon, wie Aktivität in neuronalen Schaltkreisen zu Bewegung, sensorischer Verarbeitung und dem Vorausplanen von Handlungen führt.

So nah waren wir noch nie am langgehegten Traum der Neurowissenschaften: Moleküle, Zellen und Verhalten, miteinander zu verknüpfen. Was die Entwicklung der Patch-Clamp-Technik angeht, kann man sich einer Sache relativ sicher sein: Diese Technik wird sich auch in der Zukunft als nützlicher erweisen, als wir es uns derzeit vorstellen können.

Referenzen

[1] F. J. Sigworth, *The patch clamp is more useful than anyone had expected.*, *Fed. Proc.*, vol. 45, no. 12, pp. 2673–2677, Nov. 1986.

[2] O. P. Hamill et al., *Improved patch-clamp techniques for high-resolution current recording from cells and cell-free membrane patches.*, *Pflügers Arch.*, vol. 391, no. 2, pp. 85–100, Aug. 1981.

[3] H. Monyer and P. Jonas, *Polymerase chain reaction analysis of ion channel expression in single neurons of brain slices.*, in *Single-Channel Recording*, no. 16, Boston, MA: Springer US, 1995, pp. 357–373.

[4] W. Sather et al., *Activation and desensitization of N-methyl-D-aspartate receptors in nucleated outside-out patches from mouse neurones.*, *The Journal of Physiology*, vol. 450, pp. 643–672, May 1992.

[5] T. J. Sejnowski, *The year of the dendrite*, *Science*, vol. 275, no. 5297, pp. 178–179, Jan. 1997.

Zu den Autoren

Peter Jonas hat die Patch-Clamp-Technik von der Pike auf als Forschungsassistent in Bert Sakmanns Labor in Heidelberg gelernt. Von 1995 bis 2010 war er Direktor des Physiologischen Institutes der Universität Freiburg. Seit 2010 ist Jonas Professor am Institute of Science and Technology Austria. Dort untersucht er die synaptische Kommunikation in Mikroschaltkreisen des Hippocampus.

José Guzmán ist Postdoc in der Gruppe von Peter Jonas und forscht an der Signalübertragung glutamaterger Synapsen des Hippocampus.

Gaston Sendin ist Neurobiologe und Wissenschaftsjournalist. Sendin ist Autor des Blogs Neurokunst (www.neurokunst.com).

[6] N. P. Vyleta and P. Jonas, *Loose coupling between Ca²⁺ channels and release sensors at a plastic hippocampal synapse.*, *Science*, vol. 343, no. 6171, pp. 665–670, Feb. 2014.

[7] D. O. Hebb, *The organization of behavior: A neuropsychological theory*. New York: Wiley, 1949

[8] H. Markram et al., *Regulation of synaptic efficacy by coincidence of postsynaptic APs and EPSPs*, *Science*, vol. 275, no. 5297, pp. 213–215, 1997.

[9] S. J. Guzman et al., *Synaptic mechanisms of pattern completion in the hippocampal CA3 network*, *Science*, vol. 353, no. 6304, pp. 1117–1123, Sep. 2016.

[10] S. Song et al., *Highly nonrandom features of synaptic connectivity in local cortical circuits.*, *PLoS Biol.*, vol. 3, no. 3, p. e68, Mar. 2005.

[11] S. L. Smith et al., *Dendritic spikes enhance stimulus selectivity in cortical neurons in vivo*, *Nature*, vol. 503, no. 7474, pp. 115–120, Nov. 2013.

Geneditierung in der Pflanzenzüchtung

VON DETLEF WEIGEL UND PATRICIA LANG, TÜBINGEN

Neue Gene Editing-Verfahren wie CRISPR/Cas rütteln an den Definitionen für genetisch modifizierte Pflanzen. Welchen züchterischen Nutzen haben diese Verfahren und welches Regelwerk soll für geneditierte Pflanzen gelten?

Zucht ist etwa so alt wie die Sesshaftigkeit. Diese veränderte die Lebensweise der Menschheit drastisch, denn sie schränkte das Nahrungsangebot auf das ein, was in erreichbarer Nähe war. Gleichzeitig ermöglichte die Sesshaftigkeit aber auch längerfristige Planung, und damit den bewussten Anbau von Pflanzen zum Verzehr. Seit etwa 12.000 Jahren züchten wir, ursprünglich jedoch noch recht ungezielt (*Nature* 457, 843-48). Im Lauf der Zeit haben sich unsere Methoden verbessert, die Züchtung ist effizienter und erfolgreicher geworden. Statt einfach die auf natürlichem Weg entste-

henden, besseren Individuen per Augenmaß zu selektieren, oder „nur“ zu kreuzen, hilft heute auch die Kenntnis der genetischen Grundlagen auf dem Weg zur optimalen Nutzpflanze.

Die neueste Erweiterung des Methodenspektrums der Züchter ist die sogenannte Geneditierung (Gene Editing). Das ist die gezielte Veränderung der Erbanlagen mittels molekularbiologischer Methoden – und damit ein Problem für viele, denn es ist unklar, was genau die daraus resultierenden Pflanzen sind und wie sie behandelt werden sollen. Gene-

tisch modifizierte Organismen, kurz GMO, wie es dem Gesetz nach auch durch Chemikalien oder Röntgenstrahlen mutagenisierte Pflanzen sind?

Nach dieser Definition sind GMO Lebewesen, deren „genetisches Material in einer Weise verändert worden ist, wie sie unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt“ (GenTG § 3). Je nach dem, wen man gerade fragt, sind die editierten Pflanzen entweder inbegriffen in dieser Beschreibung, oder eben nicht. Und sind die Möglichkeiten, die die Editierung bietet,



Illustr.: iStock / Akindo

den hitzigen Diskurs um die Identität der Pflanzen überhaupt wert?

Beinahe seit es die neuen Zuchtmethoden gibt, die *New Breeding Techniques* (NBT), besteht auch die Debatte über ihre Identität – GMO ja oder nein? – und beschäftigt selbst eine gesonderte Arbeitsgruppe der Europäischen Kommission (https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/legislation/plant_breeding_en). Die lautstarke Mehrheit der Bevölkerung steht den NBTs skeptisch gegenüber. Es ist durchaus nachvollziehbar, dass Neuerungen, vor allem wenn sie sich auf unbekanntes (genetisches) Terrain vorwagen, erst einmal Misstrauen entgegen schlägt. Besonders, wenn es um Nahrungsmittel geht, die wir unserem Körper zuführen.

Zusätzlich sieht es auf den ersten Blick nicht so aus, als bestünde Bedarf nach besseren

»Und sind die Möglichkeiten, die die Editierung bietet, den hitzigen Diskurs um die Identität der Pflanzen überhaupt wert?«

Zuchtmethoden. Schließlich hat es die konventionelle Züchtung ohne Geneditierung geschafft, aus unscheinbaren, wilden Pflanzen sehr leistungsfähige Kulturpflanzen zu machen. Ein eindrucksvolles Beispiel sind moderne Maissorten, deren Körner fünfzehnmal mehr wiegen als die ihrer wilden Vorfahren (*Evolution Letters* 1-2: 64-72). Oder Brotweizen – er stammt von Wildgräsern ab, die nur im Entferntesten an heutige Getreidesorten erinnern. All diese Veränderungen wurden mit Hilfe einfachster Methoden erreicht. Erst durch zufällige, dann gezielte Auswahl der besten Pflanzen, und mittels Kreuzung, um vorteilhafte Eigenschaften in Zuchtlinien zu vereinen. Zusammen mit der Technologisierung der Landwirtschaft, Düngung und Vergrößerung der Ackerflächen waren diese Methoden der Züchtung jahrelang für Ertragssteigerungen verantwortlich.

Allerdings wächst die Weltbevölkerung und damit der Bedarf an Nahrungsmitteln immer weiter, während sich die verfügbare Anbaufläche stetig verkleinert. Gleichzeitig stellen Klimawandel und Globalisierung die Züchter vor neue Herausforderungen, die über einfache Ertragssteigerung weit hinausreichen. In vielen Gegenden der Erde werden die Wachstumsbedingungen immer extremer. Hierdurch, sowie aufgrund weltweiter Mobilität, sind Krankheitserreger zu einer noch größeren Bedrohung für die Ernteerträge geworden, als sie es ohnehin schon immer waren. Krankheitsresistenzen sind deshalb gefragte Zuchteigenschaften.

Viele Pflanzenfamilien, vor allem weltweit verbreitete, weisen oft schon Anpassungen an unterschiedliche Klimaverhältnisse auf. Je größer ihre genetische Diversität, desto flexibler ist eine Art auch im Hinblick auf die Anpassung an neue Lebensumstände – das könnten Züchter jetzt eigentlich nutzen, um ihre Sorten Klimawandel-tauglich zu machen. Was aber an genetischem Reichtum in naturbelassenen, „alten“ Arten seit jeher vorhanden ist, haben moderne Kulturpflanzen durch den züchterischen Fokus auf einige wenige erfolgreiche Sorten zu einem Großteil verloren.

Das ist nicht nur um der Vielfalt selbst willen tragisch, sondern auch ein Verlust für die Zucht. Eine genetische Einöde, die nun zum Verhängnis werden könnte. Züchter müssen heute nicht nur weiterhin die Erträge steigern, sondern ihre Sorten auch noch an Klimaveränderung anpassen, ihnen Resistenzen gegen neue Krankheiten vermitteln – und bei all dem darauf achten, dass die genetische Diversität ihrer Sorten nicht zu gering wird. Keine leichte Aufgabe. Die NBTs und Geneditierung könnten dabei helfen, all diese Anforderungen zu erfüllen.

Was aber leisten die neuen Methoden eigentlich? Das Grundprinzip ist, dass man mit ihrer Hilfe ganz gezielt einzelne Gene verändern kann. Am einfachsten geschieht dies durch zielgerichtetes Einführen einer Mutation, zum Beispiel mit dem bakteriellen „Genschere“-System CRISPR/Cas. Abhängig von der Vorgehensweise hinterlässt der Prozess, abgesehen von der Mutation, minimale bis keine zusätzlichen Spuren. Bemerkenswert daran ist auch, dass gerade in Pflanzen das Ausschalten eines Gens interessante Eigenschaften erzeugen kann. Zum Beispiel beim Duftreis, für dessen angenehmen Geruch Mutationen in einem Dehydrogenase-Gen verantwortlich sind, die auch schon von Wissenschaftlern mittels Geneditierung in andere Sorten übertragen wurden (*Plant Biotechnology Journal* 13: 791-800). Gene so gezielt zu verändern, ist um ein Vielfaches effizienter, als Pflanzen zu kreuzen und tausende davon nach den erhofften „richtigen“ genetischen Mutationen und Rekombinationen zu durchsuchen. Das gilt vor allem jetzt, im Zeitalter der Genomik, in dem die Erbanlagen von immer mehr Arten entschlüsselt werden und das Wissen um die Aufgaben und Wirkweisen einzelner Gene exponentiell wächst.

CRISPR und Co. können zudem dabei helfen, die genetische Vielfalt zurückzuerlangen. Das scheint zunächst kontraintuitiv, aber es gibt dafür eine gute Erklärung. Wie erwähnt fehlt den genetisch verarmten Zuchtsorten zumeist der Variantenreichtum ihrer ursprünglichen Verwandten. Gene, die zwischenzeitlich obsolete, aktuell aber hoch relevante Eigen-

schaften wie Temperaturtoleranz kodieren und im Lauf der auf Ertrag fokussierten Züchtung verloren gegangen sind, können mittels Geneditierung einfach wieder eingefügt werden. So wird der mühselige und zeitaufwendige Kreuzungsschritt umgangen. Zumal bei diesem mit hoher Wahrscheinlichkeit andere wichtige Eigenschaften der Zuchtsorte verloren gehen würden, die dann wiederum mühevoll zurück eingekreuzt werden müssten. Ganz im Gegensatz zur Angst vieler Umweltaktivisten, die mit dem Verlust natürlicher Biodiversität gegen gezielte Genveränderung argumentieren, kann so durch Gene Editing alter Variantenreichtum einfach in heutige Sorten übertragen, gewahrt und wiederbelebt werden (*Trends in Plant Science* 20: 155-64).

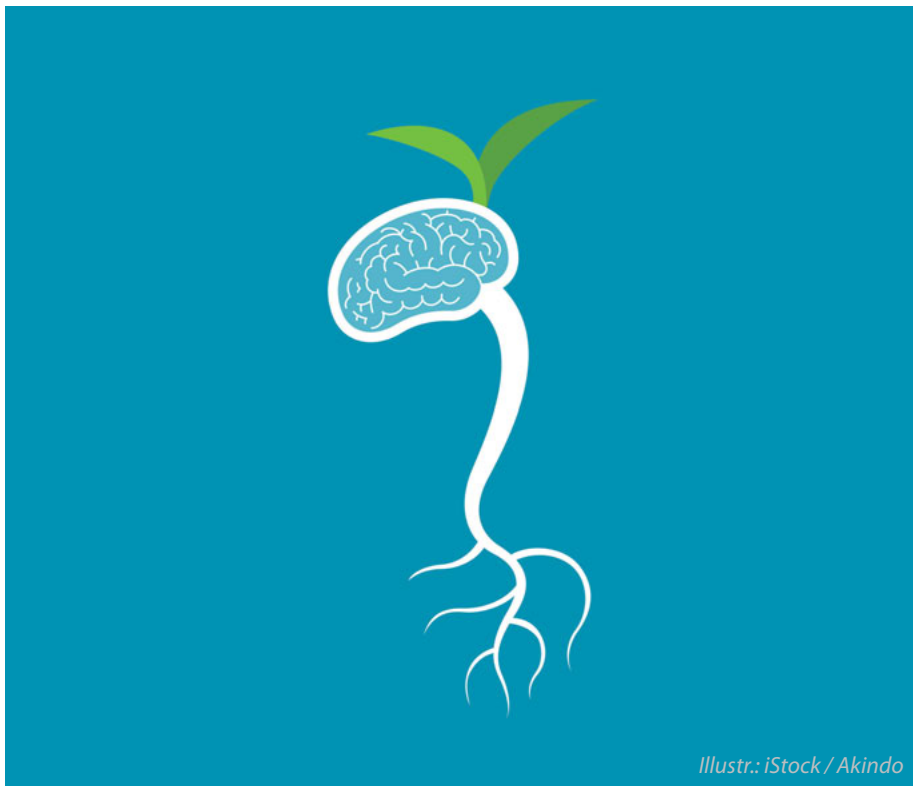
Natürlich können mit Geneditierung auch fremde Gene übertragen werden. Da Editierung so effizient ist, kann man diese schnell und einfach nicht nur in eine, sondern in eine Reihe verwandter Sorten einsetzen und ihre Wirkung in verschiedenen genetischen Hintergründen untersuchen. Oft hängt der nutzbringende Effekt einzelner Gene nämlich sehr stark von den genetischen Rahmenbedingungen ab und geht aus dem Zusammenhang gerissen teilweise oder komplett verloren. Können solche Fälle effizienter identifiziert werden, hält das die Investitionen niedrig und hilft den Züchtern, sich auf eigenständig agierende Gene zu konzentrieren.

Und doch, trotz all dieser Vorteile und Verheißungen haben die editierten Pflanzen in den meisten Ländern noch nicht den Weg auf die Äcker, geschweige denn auf die Teller

»CRISPR und Co. können zudem dabei helfen, die genetische Vielfalt zurückzuerlangen«

gefunden. Das zugrunde liegende Argument ist fast immer das gleiche: Die Angst vor menschlichen Eingriffen in die Erbanlagen von Lebensmitteln, vor einem Verlust der Natürlichkeit.

Dass eine durch Geneditierung entstandene Pflanze weniger natürlich ist als eine konventionell gezüchtete, ist allerdings konzeptionell nicht ganz eindeutig. Um neue Varianten zu erzeugen, werden in der traditionellen Züchtung ungezielt Mutationen in großen Populationen induziert. Das geschieht mit Hilfe von UV-Strahlung oder durch Chemikalien wie EMS (Ethylmethansulfonat), die über das gesamte Genom verteilt zufällige Punktmutationen hervorrufen. Beide Methoden sind zwar per gesetzlicher Definition genmodifizierend, aber trotzdem von den Regelungen des



Illustr.: iStock / Akindo

Gentechnikgesetzes ausgenommen. Das heißt, die mutierten Pflanzen können angepflanzt und verkauft werden, sie gelten als „natürlich“. Aber sind sie tatsächlich natürlicher als Pflanzen, die gezielt in einem einzelnen Gen verändert wurden?

Pro Anwendung und Pflanze verursacht EMS etwa hunderte oder sogar tausende Mutationen. Gene Editing dagegen nur eine einzige. Zum Vergleich: In natürlichen Populationen entsteht in einer Pflanze in jeder

» *Essentiell ist darüber hinaus, dass der Nutzen und Gewinn, den editierte Pflanzen mit sich bringen, angemessen und gerecht verteilt wird.*«

Generation selbst spontan rund eine neue Mutation pro 100 Mb Erbgut – das wären bei einer Pflanze wie dem Weizen deutlich über 100 neue Mutationen (*Science* 327:92-4)! Ist also Geneditierung die natürliche, weniger invasive Methode? Kann man EMS-mutierte Pflanzen denn mit den gezüchteten Pflanzen der neuen Generation vergleichen? Bleibt man beim Vergleich der Endprodukte verschiedener Züchtungsvorgänge, ist selbst die Kreuzung zweier Linien – die auch in der Natur vorkommt – invasiver als Geneditierung. Schließlich werden hier ganze Genome miteinander vermischt. Nutzt man das Kriterium „Natürlichkeit“

also objektiv und ergebnisorientiert, sind geneditierte Pflanzen natürlicher als alles, was wir auf den Feldern und unseren Tellern haben.

Aber: Ist es sinnvoll, Pflanzen nur anhand des Endprodukts zu beurteilen und zu regulieren, anstatt auch den Herstellungsvorgang mit einzubeziehen? Die Diskussion um geneditierte Pflanzen sollte nicht erst bei der Frage der Natürlichkeit beginnen, sondern bereits die zugrundeliegende Technologie hinterfragen: Auch wenn sich die geneditierten Pflanzen letztlich kaum von ihren natürlichen Verwandten unterscheiden, sollte ihr Entstehungsprozess in eine Evaluierung mit einbezogen werden. Das heißt nicht, dass sie dadurch umstandslos unter das Gentechnikgesetz fallen und verboten werden sollten. Schließlich sind die editierten Pflanzen ja, wie oben beschrieben, rein objektiv betrachtet näher an der Natur als EMS-Pflanzen und nicht transgen. Deshalb wäre es naheliegend, für geneditierte und EMS-mutagenisierte Pflanzen das gleiche Regelwerk anzuwenden. Zusätzlich sollten die Pflanzen hinsichtlich ihrer genetischen Veränderung gekennzeichnet werden, um festzuhalten welche Art genetischer Veränderung zu welchem Zweck vorgenommen wurde. Etwa, dass ein Tomaten-Gen für besseren Geschmack in eine andere Tomatensorte eingesetzt wurde, die selbst bereits hinsichtlich ihrer Lagerfähigkeit und ihres Ertrags stark optimiert war. Essentiell ist darüber hinaus, dass der Nutzen und Gewinn, den editierte Pflanzen mit sich bringen, angemessen und gerecht verteilt wird. Und sich nicht, entgegen der im Nagoya-Pro-

tokoll festgelegten Richtlinien, einige wenige (zum Schaden anderer) am Erfolg der Pflanzen bereichern (www.cbd.int/abs/).

Alles in allem sind die neuen Züchtungsmethoden vielversprechend und könnten das Leben von Züchtern (und letztlich Konsumenten) erheblich vereinfachen und verbessern. Noch werden sie aber beinahe ausschließlich zu Forschungszwecken eingesetzt, und das wird wohl auch noch eine Weile so bleiben. Denn zumindest in Europa resignieren Züchter und fokussieren sich auf herkömmliche Methoden, da Regulierungen und der heutige Markt den gezielt veränderten Pflanzen keine Chance geben.

Mit den richtigen Regeln, und vor allem erfolgreicher Aufklärung der Bevölkerung und damit derer, die den Markt bestimmen, könnten aber die Editierungs-Methoden helfen, die anstehenden Herausforderungen schneller und effizienter anzugehen und zu meistern. Über 100 Nobelpreisträger und mehr als 12.000 Unterstützer weltweit haben letztes Jahr eine Petition unterschrieben, um aufzuklären und Greenpeace von ihrem radikalen Anti-GM-Kurs abzubringen (<http://supportprecisionagriculture.org/>).

Aber selbst wenn sich Organisationen wie Greenpeace von der Ungefährlichkeit und dem Potenzial der neuen Methoden überzeugen lassen – abgeschafft wird die Kreuzung dadurch sicherlich nicht. Schließlich hat traditionelle Züchtung bereits Enormes geleistet. Zudem wissen wir über das Erbgut der meisten Kulturpflanzen noch viel zu wenig, um komplett auf gezielte Geneditierung umzuschwenken. Die Chancen liegen also vor allem in der Kombination traditioneller und neuer Methoden – wenn sie denn wahrgenommen werden.

Zu den Autoren

Detlef Weigel ist seit 2001 Direktor und Wissenschaftliches Mitglied am Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen.

Patricia Lang schloss kürzlich ihre Doktorarbeit in Detlef Weigels Gruppe ab und erforscht als Postdoc in der Gruppe von Hernan Burbano genetische Veränderungen als Folge des Klimawandels in Frühblühern.

WRONG SHIRT!



RIGHT SHIRT!



WRONG SHIRT!



RIGHT SHIRT!



Suchen Sie ein cooles T-Shirt?

2 Farben: Beige oder Schwarz

2 Schnitte: Damen (S-L), Herren (S-XXL)

1 Preis: 14,80 Euro (inkl. Versand)

Lieferung gegen Rechnung. Bestellbar online im LJ-Shop oder unter verlag@laborjournal.de (bitte mit vollständiger Lieferadresse)



(Rückseite unbedruckt)



Die Gruppe des amerikanischen Mechanik-Ingenieurs John Hart (vorne, stehend) vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) hält manuelle Pipetten nicht für Auslaufmodelle. Sie konstruierte eine Universalpipette, die eine Volumenspanne von 0,1 bis 1000 Mikroliter abdeckt. Den weiteren Siegeszug elektronischer Pipetten dürfte aber auch Harts Universalpipette nicht aufhalten.
Foto: MIT

Wachablösung

Elektronische Pipetten sind den Kinderschuhen längst entwachsen und nicht nur in Sachen Ergonomie manuellen Pipetten überlegen. Ganz aus den Laboren verschwinden dürften letztere aber dennoch nicht.

Als die ersten elektronischen (Mikro)Pipetten vor etwas mehr als dreißig Jahren in den Laboren auftauchten, konnten sich nur wenige Wissenschaftler oder TAs für sie begeistern – was auch nicht weiter verwunderlich war: Die klobigen Dinger lagen nicht nur bleischwer in der Hand; auch das Einstellen der Volumina über unhandliche eckige Druckknöpfe in der Steuereinheit am Kopf der Pipette war umständlich und nur mit zwei Händen möglich. Und natürlich gaben die Akkus genau dann den Geist auf, wenn man die Pipette am dringendsten brauchte, und benötigten Stunden, bis sie wieder geladen waren.

Und dafür sollte man dann auch noch erheblich mehr Geld hinblättern als für die seit Jahrzehnten bewährte, tadellos funktionierende manuelle Pipette? Viele Wissenschaftler ließen von vornherein die Finger weg von den unausgegorenen Geräten, oder warfen sie nach einer kurzen Testphase frustriert in den Müllimer und rührten sie nie wieder an.

Unbegründete Skepsis

Heute ist diese Skepsis gegenüber elektronischen Pipetten in den meisten Fällen unbegründet. Aus dem teuren Elektroschrott der achtziger und neunziger Jahre wurden in der

Zwischenzeit äußerst präzise funktionierende, einfach zu bedienende und Handgelenkschonende Geräte, die sich mehr und mehr zu ernsthaften Konkurrenten manueller Pipetten entwickeln. Sie sind zwar immer noch deutlich teurer, aber aufgrund ihrer vielen Vorteile fragt sich inzwischen so mancher Pipettenexperte, wie lange es noch geht, bis elektronische Pipetten ihre manuellen Pendanten endgültig ablösen.

Einer ihrer größten Trümpfe ist natürlich das ergonomischere Handling. Hieran ändert auch das etwas höhere Gewicht nichts, zumal die leichtesten elektronischen Einkanal-Modelle inzwischen nur noch etwas mehr als hundert Gramm wiegen. Nachdem bei vielen Modellen selbst der Spitzenabwurf elektronisch erfolgt, ist die Belastung für den Daumen beinahe auf Null gesunken.

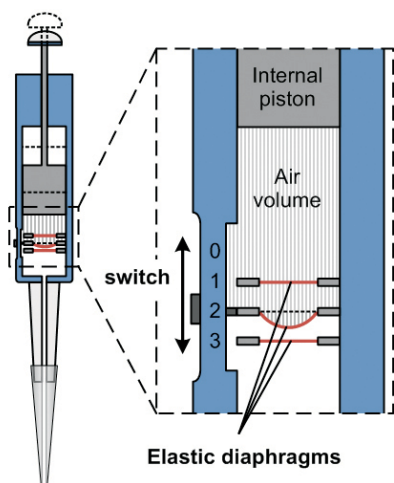
Das zu pipettierende Volumen oder ein gespeichertes Pipettierprotokoll stellt der Anwender über Touchwheel, Joystick, Softkeys, Touchpad oder leichtgängige Druckknöpfe am Kopf der Pipette ein und drückt anschließend ohne Kraftaufwand einen Knopf, um den Pipettiervorgang zu starten. Insbesondere bei sich wiederholenden Pipettieraufgaben oder mehrschrittigen Protokollen, bei denen die Elektronik das Volumen automatisch anpasst,

ist er dabei erheblich schneller als sein Kollege mit der manuellen Pipette, der jede Volumenänderung immer wieder aufs Neue von Hand einstellen muss. Die meisten elektronischen Pipetten sind zudem mit einer Dispensierfunktion ausgestattet, die das zeitraubende Hin und Her mit manuellen Pipetten zwischen Vorratsbehälter und Zielgefäß überflüssig macht.

Kleine Schönheitsfehler

Neben dem höheren Preis haben aber auch elektronische Pipetten einige weitere kleine Schönheitsfehler. Aufgrund der empfindlichen elektronischen Bauteile kann man sie meist nicht so einfach desinfizieren wie manuelle Pipetten, die man hierzu einfach in den Autoklaven packt.

Nicht besonders anwenderfreundlich sind die sehr unterschiedlich ausgeführten Bedienelemente elektronischer Pipetten. Während sich der Wechsel zwischen verschiedenen Marken bei manuellen Pipetten nur unwesentlich im Gewicht, etwas anderen Druckpunkten der Bedienelemente sowie kleinen Variationen bei der Volumeneinstellung bemerkbar macht, fällt der Umstieg bei elektrischen Pipetten oft schwerer. Einige Modelle lehnen sich sehr stark



Mit einem simplen Diaphragma verwandelte die Gruppe von John Hart eine Standardpipette in eine Universalpipette.
Foto: MIT

an das Ur-Modell der elektrischen Pipetten an, das die amerikanische Firma Matrix Mitte der achtziger Jahre herausbrachte. Die Steuereinheit mit Display und Bedienbuttons ist hier in eine mehr oder weniger stark angewinkelte Verlängerung des Pipettenkopfes integriert. Diese Anordnung macht durchaus Sinn: Die Finger der Hand können den Pipettenschaft ungestört umfassen und der Daumen erreicht die Bedienelemente. Gleichzeitig ist die Sicht auf das Display frei, auf dem zum Beispiel das eingestellte Pipettiervolumen, das aufgerufene Pipettierprogramm oder der Pipettier-Modus angezeigt werden.

Andere Hersteller weichen von diesem ursprünglichen Design jedoch ab und orientieren sich an der Volumeneinstellung und dem Handling manueller Pipetten. Der Bedienknopf ist bei diesen wie der Druckknopf einer manuellen Pipette auf dem Kopf der Pipette angebracht. Das Display und die weiteren Steuerelemente sitzen im oberen Teil des Pipettengriffs. Die Handhabung ähnelt hierdurch mehr dem einer manuellen Pipette – die Finger der Hand verdecken jedoch das Display.

Angelehnt an manuelle Pipetten

Die Annäherung an manuelle Pipetten geht teilweise so weit, dass auch die Volumeneinstellung wie bei entsprechenden manuellen Modellen durch Drehen des Bedienknopfes erfolgt. Lediglich ein kleines Display auf dem Pipettenkopf erinnert daran, dass es sich um eine elektronische Pipette handelt.

Die Pipettenkonstrukteure mögen mit diesen unterschiedlichen Designs ihre Kreativität demonstrieren. Anwender, die auf ein neues Modell umsteigen müssen, weil der Chef mal eine andere Marke ausprobieren wollte, dürften darüber nicht so glücklich sein. Zumal nicht

nur das Handling immer wieder unterschiedlich ist, sondern auch die Menüs und Programmführungen für die Einstellung der Volumina oder Pipettiermodi.

Solange diese Nachteile elektronischer Pipetten bestehen, sollte man manuelle Pipetten noch nicht abschreiben. Zumal es auch bei diesen immer wieder Verbesserungen gibt. Eine wirklich clevere Neuerung, die alle Hersteller manueller Pipetten aufhorchen lassen müsste, schlug Ende letzten Jahres die Gruppe des Mechanik-Ingenieurs John Hart vom Massachusetts Institute of Technology vor (*Rev Sci Instrum* 87, 115112).

Manuelle Pipetten sind als Luftpolsterpipetten konzipiert, deren maximale Volumenspanne vom Kolbenhub und damit von der Bewegung des Daumens abhängt, der den Kolben über den Druckknopf nach unten drückt. Mehr als ein Zentimeter Hub ist meist nicht drin, wenn der Daumen nicht überstrapaziert werden soll. Das einstellbare Volumen manueller Pipetten ist deshalb in der Regel auf eine Größenordnung (Zehnerpotenz) beschränkt, also zum Beispiel von 1 bis 10 Mikroliter oder 100 bis 1000 Mikroliter.

Erweiterte Volumenspanne

Harts Mitarbeiter haben sich einen simplen Trick ausgedacht mit dem sie die Volumenspanne auf vier Größenordnungen, zum Beispiel von 0,1 bis 1000 Mikroliter, ausdehnen können. Hierzu fügten sie unterhalb des Kolbens ein elastisches Diaphragma in den Hubzylinder ein, das durch das Luftpolster zwischen Kolben und Pipettenschaft verformt wird. Die Verformbarkeit hängt hierbei von der Steifheit des Diaphragmas ab.

Das aus der Pipettenspitze durch die Bewegung des Kolbens verdrängte Luftvolumen, das letztlich die Flüssigkeit in der Spitze ansaugt, wird hierdurch verkleinert und entspricht dem Volumen der Diaphragma-Ausbeulung. Um verschiedene Volumina abdecken zu können, installierte die Gruppe mehrere unterschiedlich steife Diaphragmen in den Hubzylinder, die der Anwender über einen einfachen Schiebemechanismus von aussen zuschalten kann.

In der Praxis ist das Ganze zwar etwas komplizierter: Die zwischen Kolben und Diaphragma komprimierte Luft erzeugt Wärme, die wiederum die Verformung des Diaphragmas beeinflusst.

Aber Harts Leute wären schlechte Ingenieure, wenn sie dies nicht in den Griff bekommen hätten. Nach einigen Berechnungen und Anpassungen funktionierte ihre Universal-Pipette, die vier Größenordnungen abdeckt, genauso exakt und präzise wie eine übliche manuelle Pipette.

Harald Zähringer

Pipettieren automatisieren



NEU!

PAL Pipetten-Tool

präzise & reproduzierbar
mit Direktinjektion ins
HPLC-Ventil oder offline

CHRONECT®
Robotic

info@axel-semrau.de

Tabelle 1: Elektronische Einkanalpipetten

ANBIETER HERSTELLER	PRODUKT- NAME	VOLUMEN- BEREICH	SONSTIGES, BESONDERHEITEN, ALLGEMEINES	PREIS IN EURO
Biostep Burkhardtsdorf www.biostep.de Kontakt: Ilona Marzian i.marzian@biostep.de Tel.: 03721/3905-16	Biostep Einkanalpipetten	0,2–10 µl 5–100 µl 10–200 µl 50–1.000 µl 100–5.000 µl	1-Knopf-Bediensystem, ergonomischer Handgriff und ergonomischer Pipettierknopf Kontrastreiches OLED-Display zur besseren Sichtbarkeit SCS-System für höchste Präzision und Genauigkeit UV-beständig und autoklavierbar Einfache Selbstkalibrierung der Pipette, ESM-System	289,–
Brand Werthem www.brand.de Kontakt: Kathrin Friedrich info@brand.de Tel.: +49 9432/808-0	Transferpette Electronic	0,5–10 µl 2–20 µl 20–200 µl 100–1.000 µl 500–5.000 µl	Ergonomie-zertifizierte Luftpolsterpipette (TÜV Rheinland) Verstellbarer Fingerbügel Modi: Pipettieren / Reverses Pipettieren / Mischen / Gel-Modus / Easy-Calibration-Modus / Batterie-Regenerationsfunktion Pipettenschaft komplett autoklavierbar UV-resistent	312,– 296,– (ohne Netzteil)
	HandyStep Electronic	1 µl – 50 ml	Elektronischer Mehrfachdispenser (Direktverdrängungsprinzip) Automatische Größenerkennung der Brand PD-Spitzen; Dispenserspitzen anderer Hersteller einsetzbar (offenes System) Modi: Dispensieren / Automatisches Dispensieren (Lernfunktion) / Pipettieren Fünf verschiedene Aufnahme- und Abgabegeschwindigkeiten (separat einstellbar) Innovatives Ladekonzept	592,– 508,– (ohne Ladestation und Netzteil)
Carl Roth Karlsruhe www.carlroth.de Kontakt: Nadine Baumann n.baumann@carlroth.de Tel. +49 721 5606 182	Elektronische Pipetten	0,5 µl – 5 ml	Elektronische 1-Kanalpipetten von diversen Herstellern, z. B. Brand Transferpette Electronic, Sartorius eLine	Ab 312,– 296,– (ohne Netzteil)
Dunn Labortechnik Asbach www.dunnlab.de Kontakt: info@dunnlab.de Tel. +49 26 83 4 30 94	CappMaestro Einkanalpipetten <i>Hersteller: Capp</i>	0,2–5.000 µl (modellabhängig)	Großes benutzerfreundliches, farbiges OLED-Display Ergonomisches Design und geringes Gewicht Intuitive graphische Bedienung Funktionen für Multi-Dispensieren, Verdünnen, Mischen etc. „Favoriten-Funktion“ für einfaches Aufrufen häufig verwendeter Programme	ca. 380,–
Eppendorf Wesseling www.eppendorf.de Kontakt: vertrieb@eppendorf.de Tel. +49 1803 255911	Eppendorf Xplorer	0,5–10 µl 5–100 µl 15–300 µl 50–1.000 µl 0,2–5 ml 0,5–10 ml	Wahlrad zur schnellen Anwahl des Betriebsmodus Basis-Set an Betriebsmodi Intuitive Benutzeroberfläche Historienfunktion zum Abruf der letzten 10 Parametereinstellungen Patentierte Spitzenabwurfsteuerung zur automatischen Repositionierung des Kolbens	558,–
	Eppendorf Xplorer plus	s.o.	s.o. Erweitertes Set an Betriebsmodi	688,–
Gilson International Limburg www.gilson.com Kontakt: info-de@gilson.com Tel. +49 6431 21215 0	Pipetman M	0,5–10.000 µl; Modelle: 10 / 20 / 100 / 200 / 300 / 1.200 / 5.000 / 10.000	Einfache 2-Knopf-Bedienung Ab 120 g Immer einsatzbereit auch während des Ladevorgangs Patentierte Kolbenmechanismus 5 Pipettier-Modi: Pipettieren, Repetitive, Mix, Reverse, Individuell programmierbares Protokoll	442,–
Greiner Bio-One Frickenhäuser www.gbo.com Kontakt: info@de.gbo.com Tel. +49 7022 948 0	Sapphire Maxipette	1–100 ml	Ergonomisches Design für einfaches Pipettieren Variable Geschwindigkeits-Einstellung Ohne Kabel, wiederaufladbar Laufzeit von bis zu 8 Stunden oder 2.500 Pipettiervorgänge Pipettengrößen von 1 bis 100 ml	Auf Anfrage

epServices
for premium performance



Unser Service - Ihre Vorteile

Eppendorf Kalibrierungs-, Zertifizierungs-, Wartungs- und Reparaturservice

Seit mehr als 65 Jahren ist Eppendorf der führende Entwickler und Hersteller von Pipetten und Pipettenspitzen. Unsere langjährige Erfahrung spiegelt sich auch in unserem akkreditierten Pipettenservice wider.

Sie wünschen mehr Informationen oder ein Angebot? Kontaktieren Sie uns: service-hamburg@eppendorf.de

- > Kalibrierung immer inklusive Wartung: lange Lebensdauer und Zuverlässigkeit Ihrer Pipettiergeräte
- > Fünf lokale Standorte in Deutschland: kurze Service-Zeiten und regionale Ansprechpartner
- > Service für Geräte aller Hersteller: standardmäßige Prüfung mit 10 Messwerten, gemäß ISO 8655



Technischer Support



Wartung und Zertifizierung

www.eppendorf.com/pipettenservice

Tabelle 1: Elektronische Einkanalpipetten

ANBIETER HERSTELLER	PRODUKT- NAME	VOLUMEN- BEREICH	SONSTIGES, BESONDERHEITEN, ALLGEMEINES	PREIS IN EURO
Hözel Diagnostika Köln www.hoelzel-biotech.com Kontakt: Arne Pelz info@hoelzel.de Tel. +49 221 1260266	dPette Digital Pipetten <i>Hersteller: Biologix Europe</i>	0,5–10 µl 5–50 µl 30–300 µl 100–1.000 µl	Umfassendes Angebot an Liquid-Handling Protokollen Drei Aspirations- / Abgabegeschwindigkeiten Motorantrieb mit eingebauter Fehlerkontrolle Effizienter Lithium-Ionen-Akku Autoklavierbare Gehäuseteile	246,15
Integra Biosciences Zizers, Schweiz www.integra-biosciences.com Kontakt: info-ch@integra-biosciences.com Tel. +41 81 286 95 55	Viaflo II Pipetten	0,5–12.5 µl 2–50 µl 5–125 µl 10–300 µl 50–1.250 µl 100–5.000 µl	Griptips-Spitzensystem verhindert das Abfallen von Pipettenspitzen Intuitiv zu bedienende Benutzeroberfläche mit Farbdisplay Scrollrad ermöglicht besonders schnelle Volumeneinstellung Standardpipettiermodi sowie individuelle Pipettierprogramme und Anbindung an Pipetten-Management-Software „Vialink“	495,–
Mettler Toledo Gießen www.mt.com/rainin Kontakt: labor.dz@mt.com Tel. +49 641 507 444	E4-XLS+	0,5–20.000 µl	Standardpipettieren, Multidispensieren und Mischen Echtzeitsteuerung von Pipettiergeschwindigkeit und -richtung, Volumen-Sequenzieren, Fixvolumen, Titrieren, Verdünnen, reverses Pipettieren Unabhängige Steuerung von Ansaug-, Dispensier- und Mischgeschwindigkeit Ergonomischer Fingerhaken und Joystick, kennwortgeschützte Pipetteneinstellungen, RFID-fähig Zubehör: Pipettenstation, EasyDirect Software, Lithium-Ionen Batterie, Micro-USB-Kabel	563,– bis 1.365,–
Sartorius Lab Instruments Göttingen www.sartorius.com Kontakt: info@sartorius.de Tel. +49 551 3080	Picus	0,2–10 µl 5–20 µl 10–300 µl 50–1.000 µl 500–10.000 µl	Acht Pipettiermodi Laden im Ladestand oder mit USB-Kabel Pipettieren während Ladevorgang möglich	Auf Anfrage
	Picus Nxt		Programmierbare Pipettierprotokolle Passwort-geschützt Pipettiersperre schützt vor Kontamination Konzipiert für regulierte Labore	Auf Anfrage
Socorex Isba Ecublens, Schweiz www.socorex.com Kontakt: socorex@socorex.com Tel. +41 21 651 6000	Mikropipette Acura Electro 926XS	0,1–2 µl 0,5–10 µl 1–20 µl 2,5–50 µl 5–100 µl 10–200 µl 50–1.000 µl	Reduzierte Instrumentlänge, regulierbarer Spitzenabwurf Leichtverständliche Programmfolgen: Direktmodus, Reversemodus, Steppermodus, Verdünnungsmodus, Taktildmodus, Mischmodus NiMH Akku, schnelles Aufladen (90 Min), lange Arbeitsautonomie (>3000 Pipettierzyklen) Kalibrierung über Kontrollsoftware Auswahl von 27 unterschiedlichen auswechselbaren Volumeneinheiten	427,– (Mikropipette) 611,– (Starterpack mit Ladestation und Kabel)
	Makropipette Acura Electro 936	0,1–2 ml 0,25–5 ml 0,5–10 ml	Adapter für Pasteur-Pipetten, regulierbarer Spitzenabwurf Leichtverständliche Programmfolgen: Direktmodus, Reversemodus, Steppermodus, Verdünnungsmodus, Taktildmodus, Mischmodus NiMH Akku, schnelles Aufladen (90 Min), lange Arbeitsautonomie (>3.000 Pipettierzyklen) Kalibrierung über Kontrollsoftware Auswahl von 27 unterschiedlichen auswechselbaren Volumeneinheiten	447,– (Makropipette) 630,– (Starterpack mit Ladestation und Kabel)
Starlab International Hamburg www.starlabgroup.com Kontakt: info@starlab.de Tel. +49 40 675 99 390	ErgoOne E	Variabel einstellbar: 0,5–10 µl bis zu 500–5.000 µl	Funktionales, ergonomisches Design mit geringem Gewicht Individuell einstellbarer Fingerbügel Intuitive Menüführung, programmierbar Fünf komfortable Pipettieranwendungen (Pipettieren, Reverses Pipettieren, Mischen, Dispensieren und Elektrophorese) Langlebiger Akku (4.000 Pipettierzyklen mit einer Akkuladung) mit Regenerationsfunktion	333,90

Tabelle 2: Elektronische Mehrkanalpipetten

ANBIETER HERSTELLER	PRODUKT- NAME	KANÄLE & VO- LUMENBEREICH	SONSTIGES, BESONDERHEITEN, ALLGEMEINES	PREIS IN EURO
Biostep Burkhardtsdorf www.biostep.de Kontakt: Ilona Marzian i.marzian@biostep.de Tel. +49 3721 390516	Biostep 8-Kanal-Pipetten	8-Kanal: 0,2–10 µl 2,5–50 µl 15–300 µl	1-Knopf-Bediensystem, ergonomischer Handgriff und ergonomischer Pipettierknopf Kontrastreiches OLED-Display zur besseren Sichtbarkeit SCS-System für höchste Präzision und Genauigkeit UV-beständig und autoklavierbar Einfache Selbstkalibrierung der Pipette, ESM-System	490,–
	Biostep 12-Kanal-Pipetten	12-Kanal: 0,2–10 µl 2,5–50 µl 15–300 µl		625,–
Brand Wertheim www.brand.de Kontakt: Kathrin Friedrich info@brand.de Tel. +49 9432 8080	Transferpette -8/-12 electronic	8-/12-Kanal: 0,5–10 µl 1–20 µl 5–100 µl 10–200 µl 15–300 µl	Ergonomie-zertifizierte Luftpolsterpipette (TÜV Rheinland) Verstellbarer Fingerbügel Modi: Pipettieren, Reverses Pipettieren, Mischen, Gel-Modus, Easy-Calibration-Modus, Batterie-Regenerationsfunktion Einzeln austauschbare Schäfte, Kolben und Dichtungen Pipettiereinheit komplett autoklavierbar	8-Kanal: 630,– 12-Kanal: 728,–
Carl Roth Karlsruhe www.carlroth.de Kontakt: Nadine Baumann n.baumann@carlroth.de Tel. +49 721 5606 182	Elektronische Mehrkanalpipetten	0,5–300 µl (modellabhängig)	Elektronische Mehrkanalpipetten von diversen Herstellern, z. B. Brand Transferpette Electronic, Sartorius eLine	Ab 522,–
Dunn Labortechnik Asbach www.dunnlab.de Kontakt: info@dunnlab.de Tel. +49 26 83 4 30 94	CappTronic 8-Kanal-Pipetten <i>Hersteller: Capp</i>	2–1.200 µl (modellabhängig)	Umfangreicher Speicher und großes Display Funktionen für Seriendosieren, Verdünnen, Ansaugen etc. Unterer Teil der Pipette autoklavierbar Individuell einstellbare Pipettiergeschwindigkeiten (5 Stufen) Kompatibel mit allen gängigen Pipettenspitzen; inklusive Lithiumbatterie, Adapter und tragbarem Batterieladegerät	ca. 610,–
Eppendorf Wesseling www.eppendorf.de Kontakt: vertrieb@eppendorf.de Tel. +49 1803 255911	Eppendorf Xplorer	8-/12-Kanal: 0,5–10 µl 5–100 µl 15–300 µl 50–1.200 µl	Wahlrad zur schnellen Anwahl des Betriebsmodus Basis-Set an Betriebsmodi Intuitive Benutzeroberfläche Historienfunktion zum Abruf der letzten 10 Parametereinstellungen Patentierte Spitzenabwurfsteuerung zur automatischen Repositionierung des Kolbens	816,– 956,–
	Eppendorf Xplorer plus	s.o.	s.o. Erweitertes Set an Betriebsmodi	1.003,– / 1.177,–
Gilson International Limburg www.gilson.com Kontakt: info-de@gilson.com Tel. +49 6431 21215 0	Pipetman M Multi	8-/12-Kanal: 0,5–10 µl 1–20 µl 10–100 µl 20–200 µl 10–300 µl 50–1.200 µl	Einfache 2-Knopf-Bedienung Immer einsatzbereit auch während des Ladevorgangs Verlässliche Performance aller Kanäle durch patentierten Kolbenmechanismus 5 Pipettier-Modi: Pipettieren, Repetitive, Mix, Reverse, Individuell programmierbares Protokoll	836,– (8-Kanal) 933,– (12-Kanal)
Hirschmann Laborgeräte Eberstadt, Germany www.hirschmannlab.com Kontakt: Tel. +49 71 34 5110 info@hirschmannlab.com	Labopette Electronic	8-Kanal: 0,2–10 µl 12-Kanal: 5–100 µl	Konformitätserklärung nach DIN 12600 Variable Volumeneinstellung Mit Spitzenabwurf Individuelle Seriennummer Wiegeprotokoll	Auf Anfrage
	Viaflo II Pipette	8-/12-Kanal: 0,5–12,5 µl 2–50 µl 5–125 µl 10–300 µl 50–1.250 µl 16-Kanal: 0,5–12,5 µl 2–50 µl 5–125 µl	Griptips-Spitzensystem verhindert das Abfallen von Pipettenspitzen Intuitiv zu bedienende Benutzeroberfläche mit Farbdisplay Scrollrad ermöglicht besonders schnelle Volumeneinstellung Standardpipettiermodi sowie individuelle Pipettierprogramme und optionale Anbindung an Pipetten-Management-Software „Vialink“	925,– (8-Kanal) 995,– (12-Kanal) 1.290,–
Integra Biosciences Zizers, Schweiz www.integra-biosciences.com Kontakt: info-ch@ integra-biosciences.com Tel. +41 81 286 95 55	Viaflo Voyager II	4-/6-Kanal: 10–300 µl 50–1.250 µl 8-Kanal: 0,5–12,5 µl 2–50 µl 5–125 µl 10–300 µl 50–1.250 µl	Spitzenabstand elektronisch verstellbar Griptips-Spitzensystem verhindert das Abfallen von Pipettenspitzen Intuitiv zu bedienende Benutzeroberfläche mit Farbdisplay Scrollrad ermöglicht besonders schnelle Volumeneinstellung Standardpipettiermodi sowie individuelle Pipettierprogramme und optionale Anbindung an Pipetten-Management-Software „Vialink“	1.690,– 1.590,– 1.490,–

Tabelle 2: Elektronische Mehrkanalpipetten

ANBIETER HERSTELLER	PRODUKT- NAME	KANÄLE & VO- LUMENBEREICH	SONSTIGES, BESONDERHEITEN, ALLGEMEINES	PREIS IN EURO
Integra Biosciences Fortsetzung, Kontakt siehe Seite 71	Viaflo Voyager II	12-Kanal: 0,5–12,5 µl 2–50 µl 5–125 µl	Spitzenabstand elektronisch verstellbar Griptips-Spitzenystem verhindert das Abfallen von Pipettenspitzen Intuitiv zu bedienende Benutzeroberfläche mit Farbdisplay Scrollrad ermöglicht besonders schnelle Volumeneinstellung Standardpipettiermodi sowie individuelle Pipettierprogramme und optionale Anbindung an Pipetten-Management-Software „Vialink“	1690,—
	Viaflo 96	96-Kanal: 0,5–12,5 µl 2–50 µl 5–125 µl 10–300 µl 50–1.250 µl	Handgeführte 96-Kanalpipette mit Servo-Unterstützung zum effizienten Pipettieren in 96- und 384-Well-Platten Einfache Bedienung ohne Programmierung Sekundenschneller Wechsel der Pipettierköpfe ohne Werkzeug Dank kompakter Größe auch in LAFC einsetzbar Selbstdefinierte Programme und Automation-Modus möglich	15.900,—
	Viaflo 384	96-Kanal/ 384-Kanal: 0,5–12,5 µl 2–50 µl 5–125 µl	s.o. Handgeführte 96- und 384-Kanalpipette mit Servo-Unterstützung zum effizienten Pipettieren in 96-, 384- und 1.536-Well-Platten	24.800,—
Mettler Toledo Gießen www.mt.com/rainin Kontakt: labor.dz@mt.com Tel. +49 641 507 444	E8-XLS+ E12-XLS+	8-/12-Kanal: 0,5–1.200 µl	Standardpipettieren, Multidispensieren und Mischen; Echtzeitsteuerung von Pipettiergeschwindigkeit und -richtung, Volumen-Sequenzieren, Fixvolumen, Titrieren, Verdünnen, reverses Pipettieren Unabhängige Steuerung von Ansaug-, Dispensier- und Mischgeschwindigkeit, ergonomischer Fingerhaken und Joystick, kennwortgeschützte Pipetteneinstellungen, RFID-fähig Zubehör: Pipettenstation, EasyDirect-Software, Lithium-Ionen-Batterie, Micro-USB-Kabel	563,— bis 1.365,—
	E4 XLS+ Adjustable Spacer	6-/8-Kanal: 5–1.200 µl	s.o. Stufenlose Einstellung des Spitzenabstands: 9–19 mm (6-Kanal) bzw. 9–14 mm (8-Kanal)	2.231,— bis 2.410,—
Sartorius Lab Instruments Göttingen www.sartorius.com Kontakt: info@sartorius.de Tel. +49 551 3080	Picus	8-/12-Kanal: 0.2–10 µl 5–120 µl 10–300 µl	Acht Pipettiermodi Laden im Ladestand oder mit USB-Kabel Pipettieren während Ladevorgang möglich	Auf Anfrage
	Picus Nxt	50–1.200 µl	Programmierbare Pipettierprotokolle Passwort-geschützt Pipettiersperre schützt vor Kontamination Konzipiert für regulierte Labore	Auf Anfrage
Socorex Isba Ecublens, Schweiz www.socorex.com Kontakt: socorex@socorex.com Tel. +41 21 651 6000	Mehrkanal-Pipette Acura Electro 956	8-/12-Kanal: 0.5–10 µl 2.5–50 µl 10–200 µl 20–350 µl	Stufenweise regulierbarer Spitzenabwurf Leichtverständliche Programmfolgen: Direktmodus, Reversemodus, Steppermodus, Verdünnungsmodus, Taktildmodus, Mischmodus NiMH Akku, schnelles Aufladen (90 Min) und lange Arbeitsautonomie (>3.000 Pipettierzyklen) Kalibrierung über Kontrollsoftware Auswahl von 27 unterschiedlichen auswechselbaren Volumeneinheiten	717,— (8-Kanal) 783,— (mit Kabel und Ladestation) 872,— (12-Kanal) 933,— (mit Kabel und Ladestation)
Starlab International Hamburg www.starlabgroup.com Kontakt: info@starlab.de Tel. +49 40 675 99 390	ErgoOne E	8-/12-Kanal: 0.5–10 µl bis zu 15–300 µl	Funktionales, ergonomisches Design mit geringem Gewicht Fünf komfortable Pipettieranwendungen (Pipettieren, Reverses Pipettieren, Mischen, Dispensieren und Elektrophorese) Langlebiger Akku (4.000 Pipettierzyklen mit einer Akkuladung) mit Regenerationsfunktion Autoklavierbarer Pipettenschaft Made in Germany	585,60 (8-Kanal) 697,30 (12-K)
Thermo Fisher Scientific Langenselbold www.thermofisher.com Kontakt: info.labequipment.de@ thermofisher.com Tel. 0800 1 536 376 (DE) Tel. +49 6184 90 6000	Thermo Scientific Finnpi- pette Novus Mehrkanal- pipetten	8-, 12- oder 16-Kanal: Mehrere Modelle für 1–1.200 µl	Intuitive, gut ablesbare Benutzeroberfläche in 7 Sprachen Zehn Pipettierfunktionen und neun Ansaug-/Dispensiergeschwindigkeiten Geringes Gewicht und Soft-Touch-Spitzenabwurf Einfache Kalibrierung Langlebiger Akku	974,— (8-Kanal) 1.102,— (12-K) 1.278,— (16-K)
	Thermo Scientific E1- ClipTip Equalizer Pipette	8-, 12- oder 16-Kanal: Mehrere Modelle für 0,5–1.250 µl	ClipTip-Spitzenystem sorgt für leichtes Einrasten und vollständige Abdichtung Webbasierte Pipettier-App für das Erstellen von Programmen am PC, Teilen und Nutzen vorgefertigter Protokolle mit einfacher Übertragung per Bluetooth oder USB Elektronischer Spitzenabwurf und Zeigefingerbedienung Intuitive personalisierte Benutzeroberfläche für effizientes, zeitsparendes Pipettieren	1.327,— (6-K) 1.440,— (8-K) 1.550,— (12-K)
	Thermo Scientific E1- ClipTip Elektronische Mehrkanalpipetten	8-, 12- oder 16-Kanal: Mehrere Modelle für 1–1.250 µl	s.o. Einstellbarer Spitzenabstand für die Übertragung zwischen unterschiedlichen Laborartikelformaten	1.074,— (8-K) 1.230,— (12-K) 1.428,— (16-K)

KONGRESSE 2017

23.7.–26.7. Berlin
10th International Conference on Human Herpesvirus 6 and 7 | <http://conference.hhv-6foundation.org>

23.7.–28.7. Bad Staffelstein
EMBO Conference on Helicases and Nucleic Acid-based Machines: Structure, Mechanism and Regulation and Roles in Human Disease | www.biochemistry.org/Events

24.7.–25.7. Frankfurt/M.
Principles of Structural and Functional Connectivity – Systems Neuroscience Conference 2017 (Ernst Strüngmann Institute) | www.esi-frankfurt.de/esisync

6.8.–10.8. Lausanne (CH)
10th International BioMedical Transporters Conference: SLC Transporters and Ion Channels in Drug Discovery and Preclinical Development | www.bioparadigms.org/biomedical17/17_neu.html

14.8.–17.8. Wien (AT)
6th International Symposium on Metallomics | www.metallomics2017.at

14.8.–15.8. Göttingen
Göttingen Symposium on Molecular Genetics | www.uni-goettingen.de/SPIRIT-School-Molecular-Zoology

20.–24.8. Chavannes-de-Bogis (CH)
41st Annual International Dictyostelium Conference (Dicty 2017) | <https://meetings.ls2.ch/dicty2017>

21.8.–25.8. Lausanne (CH)
Microscopy Conference 2017 – Dreiländertagung | www.mc2017.ch

24.8. Zürich (CH)
2nd Zurich Immuno-Oncology Symposium | www.cancercenter.usz.ch/symp-immuno-2017

27.8.–31.8. Düsseldorf
20th International Conference on Cytochrome P450: Biochemistry, Biophysics and Biotechnology | <http://20iccp450.hhu.de>

28.8.–30.8. Basel (CH)
5th Basel Immunology Focus Symposium (BIFS5) – Licensing the Immune System in Health and Disease | www.bifs5.ch

30.8.–1.9. Heidelberg
EMBL Conference: The Nucleosome – From Atoms to Genomes | www.embl.de/training/events

31.8.–1.9. Dresden
Defects of the Innate Immune System in Autoinflammation and Autoimmunity – KFO 249 Symposium | www.kfo249dresden.de/Symposium

31.8.–2.9. Münster
51. Wissenschaftliche Tagung der Deutschsprachigen Mykologischen Gesellschaft e. V. | www.dmykg-kongress.de

1.9. Zürich (CH)
13th Symposium of the Zurich Center for Integrative Human Physiology (ZIHP) | www.agenda.uzh.ch/record.php?id=34422

1.9.–3.9. Berlin
SignGene Symposium 2017 (Max-Delbrück-Center) | www.mdc-berlin.de/events/890736/2869

1.9.–3.9. Halle (Saale)
8th International Meeting on Modulating Ageing / Antiageing: From Molecular Biology to Clinical Perspectives | www.medizin.uni-halle.de/ageing

2.9.–4.9. Münster
6th International Influenza Meeting | www.g-f-v.org/node/534

3.9.–5.9. Heidelberg/Schwetzingen
Conference on Neural Circuits of Pain | <http://paincircuits.de>

3.9.–7.9. Gießen
4th International Symposium on Genomics of Plant Genetic Resources (GPGR4) | www.gpgr4.org

4.9.–6.9. Magdeburg
International MCB Conference on Brain Plasticity Linking Molecules, Cells and Behavior | <http://brainplast.de>

4.9.–6.9. Mainz
1st Symposium on Nucleic Acid Modifications | www.imb.de/2017nucmod

4.9.–6.9. Münster
International CIM Symposium 2017: Cells in Motion – Pattern Formation in Space and Time | www.uni-muenster.de/Cells-in-Motion/events/symposia/international

4.9.–7.9. Zürich (CH)
3rd International SystemsX.ch Conference on Systems Biology | www.iscsb2017.com

6.9.–8.9. Mainz
Translating Science into Survival – 3rd International Cancer Immunotherapy Conference of the Cancer Research Institute (CRI), the Association for Cancer Immunotherapy (CIMT), the European Academy of Tumor Immunology (EATI), and the American Association for Cancer Research (AACR) | www.cancerimmunotherapyconference.org

6.9.–8.9. Wien (AT)
5th Biennial "How Dead is Dead?" Conference | <http://oeghmp.at/events/hdid2017>

6.9.–9.9. Heidelberg
EMBL Conference: Protein Synthesis and Translational Control | www.embl.de/training/events

7.9.–8.9. Lübeck
8. Symposium für Industrielle Zelltechnik | www.emb.fraunhofer.de/de/veranstaltungen/SIZ.html

7.9.–8.9. Zürich (CH)
BioTech 2017: Sensor Technology and Online Analytics to Enhance (Bio)Process Understanding | www.biotech2017.ch

7.9.–9.9. Zürich (CH)
47th Annual Conference of the International Society of Psychoneuroendocrinology (ISPNE) | www.ispne2017.ch

10.9.–12.9. Heidelberg
2nd International Symposium on Stress-Associated RNA Granules in Human Disease and Viral Infection (RNA Granules 2017) | <http://rnagranules2017.com>

10.9.–13.9. Basel (CH)
Basel Life 2017 | www.basellife.org

10.9.–14.9. Zürich (CH)
Lipid Signaling in Health and Disease – 58th International Conference on the Bioscience of Lipids | www.icbl.info/2017

THIRD CRI-CIMT-EATI-AACR INTERNATIONAL CANCER IMMUNOTHERAPY CONFERENCE

SEPTEMBER 6–9, 2017
 MAINZ / FRANKFURT, GERMANY

www.cancerimmunotherapyconference.org

ADVANCE REGISTRATION DEADLINE: JULY 21

SCIENTIFIC PROGRAM:
 Neoantigens and Cancer Mutations, Cancer Vaccines and Targets, Oncolytic Viruses, Adoptive Cell Therapy, Check Point Blockade Therapy, Combination Therapies, New Agents and their Mode of Action, Clinical Trials of Cancer Immunotherapies, Immuno Monitoring and Biomarkers, Tumor Microenvironment, Cancer Mediated Immunosuppression, Microbiota

KONGRESSE 2017

11.9.–12.9. Göttingen
Ribbon Synapses Symposium 2017
 | www.rss2017.uni-goettingen.de

11.9.–12.9. Merseburg
10. Bundesalgenstammtisch |
<http://dechema.de/algen2017.html>

11.9.–12.9. Potsdam
Communicating Science: Connecting Worlds – Plants and People (P&P) Conference |
<http://plants-and-people.mpg.de/node/78>

11.9.–13.9. Dresden
11. Open-Access-Tage |
www.gscn.org/Conferences/2017/Home.aspx

11.9.–13.9. Jena
5th Annual Conference of the German Stem Cell Network (GSCN)
 | www.gscn.org/Conferences/2017/Home.aspx

11.9.–15.9. Düsseldorf
10th International Symposium Advances in Legal Medicine Combined with the 96th Annual Conference German Society of Legal Medicine |
www.isalm2017.de

12.9. Düsseldorf
Molecular Mechanisms of Therapy Resistance in Malignant Tumors – International BMFZ Meeting 2017 | www.BMFZ.de

12.9.–15.9. Basel (CH)
3rd Basel Computational Biology Conference (IBC)2 |
www.bc2.ch/2017

12.9.–15.9. Bielefeld
110. Jahrestagung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft |
www.dzg-ev.de/de/jahrestagung/jahrestagung.php

12.9.–15.9. Erlangen
47th Annual Meeting of the German Society for Immunology (DGfI)
 | www.immunology-conference.de

12.9.–15.9. Göttingen
Bernstein Conference and Satellite Workshops |
www.bernstein-conference.de

12.9.–15.9. Wien (AT)
Symposium on Plant Epigenetics: From Mechanisms to Ecological Relevance | www.newphytologist.org/symposia/40

13.9.–15.9. Düsseldorf
2nd Cyanobacteria Young Investigator Symposium (Cyano2017) | <http://schmelling.github.io/cyano2017.html>

13.9.–15.9. Freiburg
Junior Researcher Conference: Beyond Molecular Movies – Bringing Time-Domain Spectroscopy to Diffraction Imaging |
www.frias.uni-freiburg.de/molmov

13.9.–16.9. Heidelberg
EMBO/EMBL Symposium: The Non-Coding Genome |
www.embo-embl-symposia.org

13.9.–16.9. Marburg
9th International Symposium on Filoviruses |
www.filovirus-meeting.com

14.9.–17.9. Wien (AT)
8th International Meeting on Taphonomy and Fossilization |
<http://taphos2017.univie.ac.at>

17.9.–19.9. Aachen
28th Joint Glycobiology Meeting |
www.jgm2017.rwth-aachen.de

17.9.–20.9. Berlin
4th International Glucosinolate Conference |
www.glucosinolates2017.org

17.9.–21.9. Kiel
Plant Research in a Changing World – Botanikertagung 2017 |
www.botanikertagung2017.de

18.9.–20.9. Zürich (CH)
9th International Conference on Structural Biology |
<http://structuralbiology.conferenceseries.com>

18.9.–21.9. Greifswald
91. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Säugetierkunde |
<https://event.fli.de/de/year/2017>

19.9.–21.9. Rüdeshcim
Enzymes in Transformation and Signalling – Beilstein ENZYMOlogy Symposium 2017 | www.beilstein-institut.de/en/symposia/enzymology

19.9.–22.9. Göttingen
7th European Conference on Prokaryotic and Fungal Genomics |
www.prokagenomics.org

20.9.–21.9. Duisburg
Supramolecular Chemistry on Proteins – 2nd CRC 1093 International Symposium |
www.uni-due.de/crc1093

21.9.–22.9. Jena
4th International Symposium on Systems Biology of Microbial Infection | www.systems-biology-microbial-infection.com

21.9.–23.9. Köln
4th German-French DNA Repair Meeting |
<http://dna-repair-2017.dgdr.de>

22.9.–24.9. Dresden
8th Dresden Meeting on Insect Phylogeny | <http://dgaee.de>

22.9.–24.9. Hamburg
Joint-Meeting of the German Society for Neuropathology and Neuroanatomy (DGNN) and the Scandinavian Neuropathological Society (SNS) |
www.dgmn-conference.de

24.9.–26.9. Klosterneuburg (AT)
15th Meeting of the Austrian Neuroscience Association (ANA) |
www.austrian-neuroscience.at/ana-meetings

24.9.–27.9. Bochum
Molecular Basis of Life 2017 – International Fall Meeting of the German Society for Biochemistry and Molecular Biology (GBM) |
www.molecular-basis-of-life.org

24.9.–27.9. Heidelberg
EMBL Conference: Centrosomes and Spindle Bodies | www.embl.de/training/events/2017/CEN17-01

24.9.–29.9. Basel (CH)
Molecular Mechanisms of Muscle Growth and Wasting in Hand Disease | www.bi.id.ethz.ch/events/Online/anonymous/events.faces



14. Jahrestagung
 der Deutschen Gesellschaft für Klinische Chemie und Laboratoriumsmedizin

11. - 14. Oktober 2017 • Weser-Ems-Hallen, Oldenburg



NVCK

in Kooperation mit der
 Niederländischen Vereinigung
 für Klinische Chemie und
 Laboratoriumsmedizin (NVCK)

Laboratoriumsmedizin – von „Omics“ und „Big Data“ zur Grundversorgung

Frühbucher möglich bis 15.08.2017

Schwerpunktt Themen

- Molekulare Onkologie und „Liquid profiling“ • Bioinformatik in der Labormedizin • Labormedizin und Versorgungsforschung •
- Neue Entwicklungen in der Massenspektrometrie • Diagnostik von Inflammation und Infektion • Instrumentelle Analytik in der Bakteriologie •
- Aktuelle Erkenntnisse in der Hämostaseologie • Labordiagnostik von neurologischen Erkrankungen • Biobanken für die personalisierte Medizin

Kongressleitung
 Kongresspräsident
 Prof. Dr. med Dr.
 Klaus P. Kohse

Kongressagentur
 m:con
 Rosengartenplatz 2
 68165 Mannheim
www.dgkl2017.de



25.9.–26.9. Berlin
9th Annual Conference on Stem Cell and Regenerative Medicine | <http://stemcell-regenerativemedicine.conferenceseries.com>

25.9.–27.9. Innsbruck
9th ÖGMBT Annual Meeting & 8th Life Science Meeting Innsbruck: Molecular and Cellular Mechanisms of Human Diseases | www.oegmbt.at/jahrestagung

25.9.–27.9. Ulm
14th Confocal Raman Imaging Symposium | www.raman.net

26.9.–28.9. Bochum
Genetics 2017 – Annual Conference of the German Genetics Society (GfG) | www.genetics-conference.de

27.9.–29.9. Freiburg
International Symposium on Development of Tissue- and Pathogen-specific Cellular Innate Immunity | www.innateimmunity-freiburg.org

27.9.–29.9. Konstanz
International Symposium on Bioorganic Chemistry (ISBOC-11) and Konstanz Symposium Chemical Biology | www.uni-konstanz.de/isboc-11

28.9.–29.9. Düsseldorf
PhD Symposium „deLIVER 2017 – Technology in Hepatology” | <http://deliver.hhu.de>

28.9.–29.9. Jena
6th Symposium of the Young Physiologists | www.junge-physiologen.de

28.9.–30.9. Hamburg
Therapieresistenzen in der Infektionsmedizin – Gemeinsame Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Infektiologie (DGI) und des Deutschen Zentrums für Infektionsforschung (DZIF) | www.dgi-dzif-kongress2017.de

4.10.–6.10. Frankfurt/M.
New Horizons in Membrane Transport and Communication – CRC 807 International Symposium | www.sfb807.de

4.10.–6.10. Leipzig
8th Annual Symposium on Physics of Cancer | <http://conference.uni-leipzig.de/poc/2017>

4.10.–7.10. Heidelberg
EMBO/EMBL Symposium: Seeing is Believing – Imaging the Processes of Life | www.embo-embl-symposia.org/symposia/2017/EES17-08

4.10.–7.10. Berlin
11th International Conference on Behaviour, Physiology and Genetics of Wildlife | www.izw-berlin.de/welcome-234.html

6.10.–8.10. Berlin
19th Annual Meeting Young Active Research in Endocrinology (YARE) | www.endokrinologie.net/veranstaltung/yare-19th-annual-meeting.php

9.10.–11.10. Stuttgart
1st German Phage Symposium | <https://1st-german-phage-symposium.uni-hohenheim.de>

11.10.–13.10. Freising
Plant Biology for the Next Generation – International Symposium of the SFB924 (Molecular Mechanisms Regulating Yield and Yield Stability in Plants) | <http://sfb924.wzw.tum.de/index.php?id=72>

11.10.–14.10. Heidelberg
EMBO/EMBL Symposium: The Mobile Genome – Genetic and Physiological Impacts of Transposable Elements | www.embo-embl-symposia.org/symposia/2017/EES17-09

12.10.–13.10. Berlin
National Symposium on Zoonoses Research 2017 | www.zoonosen.net

12.10.–14.10. München
International Bone-Tissue-Engineering Congress 2017 (bone-tec 2017) | www.bone-tec.com

15.10.–17.10. Köln
33rd Ernst Klenk Symposium in Molecular Medicine – “Tissue Regeneration, Wound Healing and Fibrosis: Translating Basic Concepts into Regenerative Therapy” | www.cmmc-uni-koeln.de/de/events/ernst-klenk-symposium

WORKSHOPS 2017

24.7.–27.7. Herzogenhorn/Freiburg
Black Forest Summer School 2017: To See the (Black) Forest for the Trees – Next Generation Sequencing and Phylogenetics | <http://plantco.de/BFSS2017>

25.7.–28.7. Berlin
20th International Workshop on Kaposi's Sarcoma Herpes Virus (KSHV) and Related Agents | www.kshv-2017.de

30.7.–3.8. Berlin
ESE Summer School on Endocrinology | www.endokrinologie.net/veranstaltungen

2.8.–5.8. Marburg
28th Neurobiological Doctoral Students Workshop (NeuroDoW) | <http://neurodowo.nwg-info.de>

3.8.–4.8. Braunschweig
Workshop Molekulare Züchtung der Gesellschaft für Pflanzenbiotechnologie | www.ipk-gatersleben.de/veranstaltungen/veranstaltungskalender

14.8.–20.8. Bern (CH)
Workshop on Quantitative Microscopy 2017 | www.ana.unibe.ch/weiterbildung/stereologie_workshop

16.8.–18.8. Göttingen
SPIRIT Summer School Workshops: Molecular Genetics for Zoologists | www.uni-goettingen.de/SPIRIT-School-Molecular-Zoology

30.8.–1.9. Borstel
Leibniz Summer School on Interdisciplinary Challenges in a Globalized World | <http://summer2017.fz-borstel.de>

30.8.–1.9. Bremen
Eduard Strasburger Workshop 2017: Two Genomes in One Cell – Communication and Conflict | www.uni-bremen.de/molgen/strasburger-2017.html

1.9. Halle (Saale)
Bioinformatics in Ageing Research: Satellite Workshop to the 8th International Ageing Meeting | <https://sites.google.com/site/ageingbioinfo/ageingbioinfo2>

4.9.–8.9. Gatersleben
IPK Summer School of Modern Crop Genetics | www.ipk-gatersleben.de/postdocs/ipk-summer-school

6.9.–8.9. Planegg-Martinsried
EMBO Workshop on Histone Variants: Molecular Functions in Health and Disease | <http://meetings.embo.org>

13.9.–15.9. Berlin
23rd International Workshop on Single Molecule Spectroscopy and Super-resolution Microscopy in the Life Sciences | www.picoquant.com/events/detail/single-molecule-workshop

14.9.–17.9. Fribourg (CH)
ESCMID Postgraduate Technical Workshop on Emerging Antibiotic Resistance in Gram-Negative Bacteria: Problems and Solutions | <https://escmid.pulselinks.com/event/12658>

17.9.–21.9. Les Diablerets (CH)
EMBO Workshop on DNA Topoisomerases and DNA Topology | <http://meetings.embo.org/event/17-topoisomerase>

21.9.–22.9. Köln
Functional Neuroanatomy of the Mouse I: Spinal Cord and Brainstem | <http://www.nwg.glia.mdc-berlin.de/de/courses>

22.9. Berlin
12th Mini-Herpesvirus Workshop | www.g-f-v.org/node/578

25.9.–29.9. Magdeburg
Imaging of the Synaptic Organization | <http://nwg.glia.mdc-berlin.de/de/courses/method/2017/10.php>

25.9.–29.9. Konstanz
Konstanz Autumn School Chemical Biology | www.uni-konstanz.de/isboc-11/autumn-school-chemical-biology

26.9.–27.9. Wien (AT)
Human Pluripotent Stem Cell Culture (iPSC/ESC) and Neural Differentiation – Stem Cell Workshop of the Institute of Molecular Biotechnology | www.imba.oeaw.ac.at/news-events/events/stem-cell-workshop

BIOCHEMIE
UND IMMUNOLOGIE

11.10. Heidelberg
**Promocell Academy: Enzymatische
Analysen und Enzymkinetik** |
www.promocell-academy.com

19.10.–20.10. Heidelberg
**Promocell Academy: ELISA
Troubleshooting** |
www.promocell-academy.com

23.10.–24.10. Heidelberg
**Promocell Academy: ELISA Basis-
kurs** | www.promocell-academy.com

25.10.–27.10. Heidelberg
**Promocell Academy: ELISA Aufbau-
kurs** | www.promocell-academy.com

30.10.–31.10. Heidelberg
**Promocell Academy: Labor-
Kompaktkurs Western Blot** |
www.promocell-academy.com

BIOTECHNOLOGIE

6.9.–9.9. Berlin
**Akademie Gläsernes Labor: Biotech
& Pharma Business Summer School
– From Target to Market** |
www.glaesernes-labor-akademie.de

11.9. Zürich (CH)
**Training Course on Medical Biology
and Health Biotech in 2017** |
www.loroch.ch/redbiotech

11.9.–15.9. Straubing
**Dechema Kurs: Synthetic Biology
– Current Concepts and Tools for
Strain Development** |
<http://dechema-dfi.de/SynBio.html>

24.9.–1.10. Heidelberg
**EMBO Practical Course on Synthetic
Biology in Action: Programming
Bacteria to Do Amazing Things** |
<http://events.embo.org>

7.11.–8.11. Heidelberg
**Promocell Academy: Industrielle
Zellkulturtechnik** |
www.promocell-academy.com

9.11.–10.11. Heidelberg
**Promocell Academy: Prozesstech-
nik für Zellkultur-Bioreaktoren** |
www.promocell-academy.com

CHROMATOGRAPHIE
UND SPEKTROMETRIE

11.10.–12.10. Potsdam
**Klinkner-Seminar: LC/MS-Kopp-
lung** | www.klinkner.de

23.10.–24.10. Potsdam
**Klinkner-Seminar: HPLC-Basiskurs
– Grundlagen der Methodenent-
wicklung** | www.klinkner.de

25.10. München
**Dr.-Bichlmeier-Seminar: HPLC-
Basiskurs für die Qualitäts-
kontrolle** | [www.dr-bichlmeier.de/
seminare-2017-analytik](http://www.dr-bichlmeier.de/seminare-2017-analytik)

25.10.–26.10. München
**Dr.-Bichlmeier-Kombi-Seminar:
Intensivkurs HPLC – Basiswissen
für die Qualitätskontrolle, Trouble-
shooting und Methodenoptimie-
rung** | [www.dr-bichlmeier.de/
seminare-2017-analytik](http://www.dr-bichlmeier.de/seminare-2017-analytik)

25.10.–26.10. Potsdam
**Klinkner-Seminar: HPLC-Fortge-
schrittenenkurs – Methodenent-
wicklung und -optimierung** |
www.klinkner.de

27.10. Potsdam
**Klinkner-Seminar: HPLC-Fortge-
schrittenenkurs – Spezialtechniken**
| www.klinkner.de

26.10. München
**Dr.-Bichlmeier-Seminar: HPLC-
Troubleshooting und Methoden-
entwicklung** | [www.dr-bichlmeier.
de/seminare-2017-analytik](http://www.dr-bichlmeier.de/seminare-2017-analytik)

6.11.–7.11. Freising
**Klinkner-Seminar: GC-Kurs für
Fortgeschrittene – Wege zu
Empfindlichkeit und Qualität** |
www.klinkner.de

16.11. Gießen
**GDCh-Kurs: Wirkungsbezogene
Analytik mit HPTLC-Bioassay-HRMS**
| www.gdch.de/fortbildung

20.11. München
**Dr.-Bichlmeier-Seminar: Grund-
lagen der Massenspektrometrie** |
[www.dr-bichlmeier.de/
seminare-2017-analytik](http://www.dr-bichlmeier.de/seminare-2017-analytik)

MIKROBIOLOGIE

18.9.–20.9. Heidelberg
**Promocell Academy: Basiskurs
Mikrobiologie und Einführung in
die Qualitätskontrolle** |
www.promocell-academy.com

28.9.–29.9. Heidelberg
**Promocell Academy: Mikrobiologi-
sche Qualitätskontrolle** |
www.promocell-academy.com

10.10.–11.10. München
**Lab-Academy-Grundkurs: Mikro-
biologie** | www.lab-academy.de

7.11.–8.11. München
**Lab-Academy-Fortbildung:
Mikrobielle Qualitätskontrolle** |
www.lab-academy.de

MOLEKULARBIOLOGIE

27.7.–28.7. München
**Lab-Academy-Intensivkurs:
Molekularbiologie Update** |
www.lab-academy.de

2.8.–4.8. Zwenkau
**Genovia-Praxistraining: Grund-
kenntnisse der Molekularbiologie** |
[http://biotechnologie-weiterbildung.
de/187.html](http://biotechnologie-weiterbildung.de/187.html)

5.8.–12.8. Basel (CH)
**EMBO Practical Course on Struc-
ture, Dynamics and Function of
Biological Macromolecules by
NMR** | <http://events.embo.org>

17.8.–18.8. Zwenkau
**Genovia-Praxistraining: Workshop
MLPA** | [http://biotechnologie-
weiterbildung.de/201.html](http://biotechnologie-weiterbildung.de/201.html)

21.8.–23.8. Zwenkau
Genovia-Laborkurs: Epigenetik |
[http://biotechnologie-weiterbildung.
de/145.html](http://biotechnologie-weiterbildung.de/145.html)

28.8.–29.8. Zwenkau
**Genovia-Praxistraining: Real-Time-
PCR** | [http://biotechnologie-
weiterbildung.de/215.html](http://biotechnologie-weiterbildung.de/215.html)

1.9. München
**Lab-Academy-Grundkurs: Moleku-
lare Genetik** | www.lab-academy.de

MOLEKULARBIOLOGIE

5.9.–6.9. Heidelberg
EMBL Course: Digital PCR |
www.embl.de/training/events

5.9.–8.9. Heidelberg
**Promocell Academy: Basiskurs
Molekularbiologie** |
www.promocell-academy.com

6.9.–8.9. Zwenkau
**Genovia-Praxistraining: FISH und
Sky** | [http://biotechnologie-
weiterbildung.de/194.html](http://biotechnologie-weiterbildung.de/194.html)

9.9.–15.9. Heidelberg
**EMBL Course: Analysis of Non-Co-
ding RNAs – *quaerite et invenietis*** |
www.embl.de/training/events

11.9.–12.9. Zwenkau
**Genovia-Praxistraining: Auswer-
tung medizinischer Sequenzdaten** |
[http://biotechnologie-weiterbildung.
de/180.html](http://biotechnologie-weiterbildung.de/180.html)

11.9.–15.9. Berlin
**1st Berlin Summer School: Next-
Generation Sequencing Data
Analysis** | <http://ecseq.com>

13.9.–14.9. München
**Lab-Academy-Grundkurs:
PCR-Basiswissen für die Praxis** |
www.lab-academy.de

13.9.–14.9. München
**Lab-Academy-Intensivkurs:
Klonierungstechniken** |
www.lab-academy.de

13.9.–15.9. Heidelberg
**Promocell Academy:
Basiskurs Realtime-PCR** |
www.promocell-academy.com

14.9.–15.9. Berlin
**Akademie Gläsernes Labor: Real-
time PCR und Digital PCR** |
www.glaesernes-labor-akademie.de

15.9.–2.12. Zwenkau
**Genovia-Praxistraining: Fachassis-
tent für Molekularbiologie (berufs-
begleitend)** | [http://biotechnologie-
weiterbildung.de/138.html](http://biotechnologie-weiterbildung.de/138.html)

17.9.–22.9. Heidelberg
**EMBL Course: Genome Engineering
– CRISPR/Cas** | [www.embl.de/
training/events/2017/GEE17-01](http://www.embl.de/training/events/2017/GEE17-01)

MOLEKULARBIOLOGIE

- 20.9.–22.9. Basel (CH)
Training Course: Oncology for Non-Oncologists | www.loroch.ch/oncology
- 20.9.–22.9. Zwenkau
Genovia-Praxistraining: Grundkenntnisse der Molekularbiologie | <http://biotechnologie-weiterbildung.de/187.html>
- 3.10.–6.10. Heidelberg
EMBL Course: Whole Transcriptome Data Analysis | www.embl.de/training/events/2017/DAT17-02
- 5.10.–6.10. Zwenkau
Genovia-Praxistraining: Workshop MLPA | <http://biotechnologie-weiterbildung.de/201.html>
- 9.10.–11.10. Leipzig
Introduction to R in Biology | <http://ecseq.com>
- 9.10.–11.10. Zwenkau
Genovia-Laborkurs: Epigenetik | <http://biotechnologie-weiterbildung.de/145.html>
- 9.10.–13.10. Heidelberg
EMBL Course: Liquid Biopsies | www.embl.de/training/events/2017/LIQ17-01
- 12.10.–13.10. München
Lab-Academy-Intensivkurs: Real-time-PCR | www.lab-academy.de
- 13.10. Berlin
Akademie Gläsernes Labor: CRISPR/Cas – Grundlagen und praktische Anwendung | www.glaesernes-labor-akademie.de
- 16.10.–17.10. München
Lab-Academy-Intensivkurs: Genome Editing | www.lab-academy.de
- 19.10.–20.10. München
Lab-Academy-Intensivkurs: Next-Generation-Sequencing | www.lab-academy.de
- 19.10.–20.10. Zwenkau
Genovia-Praxistraining: Real-Time-PCR | <http://biotechnologie-weiterbildung.de/215.html>

ZELLBIOLOGIE UND MIKROSKOPIE

- 7.8.–10.8. Zwenkau
Genovia-Praxistraining: Chromosomenpräparation und -analyse | <http://biotechnologie-weiterbildung.de/497.html>
- 8.8.–9.8. Bergisch-Gladbach
MACS Academy: Cardiovascular Research: Refined Technologies for Investigation of Tissue-derived Cardiovascular Cells | www.miltenyibiotec.com/en/support/mac-academy.aspx
- 21.8.–25.8. München
Lab-Academy-Kompaktfortbildung: Molekulare Zellbiologie | www.lab-academy.de
- 29.8.–1.9. Bergisch-Gladbach
MACS Academy: MACSQuant Instrument Training | www.miltenyibiotec.com/en/support/mac-academy.aspx
- 3.9.–8.9. Heidelberg
EMBO Practical Course on Non-Neuronal Optogenetics: Design to Application, Cell Signalling to Tissue Morphogenesis | <http://events.embo.org/coming-soon/index.php?EventID=pc17-24>
- 3.9.–9.9. Zürich (CH)
EMBO Practical Course on Two-photon Imaging of Brain Dynamics: Illuminating Neuronal and Glial Function | <http://meetings.embo.org/event/17-two-photon>
- 6.9.–8.9. Heidelberg
Promocell Academy: Qualitätsmanagement in der Zellkultur | www.promocell-academy.com
- 11.9.–12.9. München
Lab-Academy-Intensivkurs: Optimierung der Zellkultur | www.lab-academy.de
- 11.9.–12.9. München
Lab-Academy-Intensivkurs: Pflanzenzellkultur | www.lab-academy.de
- 11.9.–19.9. Heidelberg
EMBO Practical Course on Current Methods in Cell Biology | www.embl.de/training/events/2017/CBB17-01

ZELLBIOLOGIE UND MIKROSKOPIE

- 12.9.–15.9. Heidelberg
Promocell Academy: Basiskurs Zellkultur | www.promocell-academy.com
- 20.9.–22.9. Heidelberg
Promocell Academy: Zytotoxizitäts- und Mutagenitäts-Tests | www.promocell-academy.com
- 25.9.–26.9. Heidelberg
Promocell Academy: Durchflusszytometrie | www.promocell-academy.com
- 25.9.–28.9. Zwenkau
Genovia-Praxistraining: Chromosomenpräparation und -analyse | <http://biotechnologie-weiterbildung.de/497.html>
- 26.9.–29.9. Bergisch-Gladbach
MACS Academy: MACSQuant Instrument Training | www.miltenyibiotec.com/en/support/mac-academy.aspx
- 27.9.–28.9. Heidelberg
Promocell Academy: Cell Sorting | www.promocell-academy.com
- 27.9.–29.9. Heidelberg
Promocell Academy: Aufbaukurs Zellkultur | www.promocell-academy.com
- 9.10.–11.10. Heidelberg
Promocell Academy: Zellkultur Troubleshooting | www.promocell-academy.com
- 9.10.–11.10. München
Lab-Academy-Intensivkurs: Assays in der Zellkultur | www.lab-academy.de

SONSTIGE VERANSTALTUNGEN

- 1.8.–3.8. Leimen
EMBO Laboratory Management Course: Research Leadership for Postdocs | <http://lab-management.embo.org/dates#postdocs>
- 7.8.–10.8. Leimen
EMBO Laboratory Management Course: Research Leadership for Group Leaders | <http://lab-management.embo.org/dates#group-leaders>
- 28.8.–1.9. Leipzig
ICCAS-Fortbildung: Digital Operating Summer School 2017 | www.iccas.de/dors
- 31.8. Berlin
DHV-Seminar: Die Professur – Rechte und Pflichten | www.hochschulverband.de/cms1/termine.html
- 14.9.–15.9. Bonn
DHV-Seminar: Bewerbung und Berufung für Natur- und Ingenieurwissenschaftler | www.hochschulverband.de/cms1/termine.html
- 14.9.–15.9. Bonn
DHV-Seminar: Rhetorik in der Lehre | www.hochschulverband.de/cms1/termine.html
- 19.9.–21.9. Leimen
EMBO Laboratory Management Course: Research Leadership for Postdocs | <http://lab-management.embo.org/dates#postdocs>
- 25.9.–28.9. Leimen
EMBO Laboratory Management Course: Research Leadership for Group Leaders | <http://lab-management.embo.org/dates#group-leaders>

Weitere Kongresse, Tagungen, Fortbildungsveranstaltungen etc. finden Sie auf unserer Homepage unter dem Stichwort „Termine“. Kurze Veranstaltungshinweise in unserem Serviceteil sind kostenlos. Schicken Sie uns Ihre Ankündigungen, Schulungs- bzw. Kurslisten oder einen Link zu Ihrer Website. Aus Platzgründen können wir allerdings nur Kurse veröffentlichen, die für einen Großteil unserer Leser von Interesse sind. So erreichen Sie uns:

LABORJOURNAL

LJ-Verlag, Merzhauser Straße 177, 79100 Freiburg
E-Mail: verlag@laborjournal.de

BASEL

Mittwoch, 30. August
16:00 Uhr | Seminar | FMI, Maulbeerstr. 66, Raum 5.30 | **L. Kappos** | **Exploring therapeutic options for Multiple Sclerosis – a success story?**

Mittwoch, 20. September
16:00 Uhr | Seminar | ZLF, Hebelstr. 20, 2. OG, SR | **P. Liberali** | **Spatiotemporal organization during organoid development**

BERLIN

Freitag, 21. Juli
12:30 Uhr | Kolloquium | FU, Biochemie, Thielallee 63, Lise-Meitner-Hörsaal | **M. Chkulaeva**, Berlin | **Dissecting the mechanisms of intracellular RNA localisation and local translation in neuronal cells**

Freitag, 8. September
12:30 Uhr | Kolloquium | FU, Biochemie, Thielallee 63, Lise-Meitner-Hörsaal | **A. Mayer**, Berlin | **Visualizing genome transcription at nucleotide resolution in human cells**

Donnerstag, 14. September
11:00 Uhr | Seminar | MDC.C, Robert-Rössle-Str. 10, Dendrit 2+3 | **K. Itoi**, Sendai | **Exploring the structure & function of corticotropin-releasing factor neurons in the brain using genetically modified mouse lines**

Freitag, 15. September
12:30 Uhr | Kolloquium | FU, Biochemie, Thielallee 63, Lise-Meitner-Hörsaal | **T. Surrey**, London | **Molecular mechanisms determining microtubule cytoskeleton architecture and dynamics**



Obwohl im vergangenen Jahrzehnt viele Gentherapie Studien überaus erfolgreich verliefen, fehlt dieser Technologie noch die Präzision. Gen-Scheren, wie CRISPR/Cas, TALEN und ZFN läuten jedoch eine neue Ära in der modernen Medizin ein. Diese Werkzeuge eröffnen erstmals die Möglichkeit, das Erbgut zielgerichtet zu verändern, um mithilfe der Gen-Editierung krankheitsauslösende Veränderungen im Erbgut zu korrigieren. So lassen sich mit ihnen Genfunktionen präzise ausschalten, um Krankheiten wie AIDS oder Krebs zu bekämpfen. Welche Erfolge mit CRISPR/Cas und Co. bisher erzielt wurden, wo ihre Schwächen liegen und welche Risiken sie bergen, beleuchtet **Toni Cathomen** am **26. Juli** in **Freiburg**.

DRESDEN

Montag, 11. September
11:00 Uhr | Vortrag | MPI-CBG, Pfothenhauerstr. 108, 2. OG, SR | **A. Hubstenberger**, Nizza | **RNP phase transitions and the coordination of RNA regulons**

FRANKFURT

Donnerstag, 27. Juli
15:30 Uhr | Seminar | Georg-Speyer-Haus, Inst. f. Tumorbologie & experimentelle Therapie, Paul-Ehrlich-Str. 42-44, Hörsaal | **S. Reddy**, Zürich | **Analyzing, predicting and engineering antibody responses**

Freitag, 25. August
11:00 Uhr | Seminar | Georg-Speyer-Haus, Inst. f. Tumorbologie & experimentelle Therapie, Paul-Ehrlich-Str. 42-44, HS | **C. Bock**, Wien | **CRISPR screening with single-cell trans-criptome readout establishes a high-throughput method for dissecting gene-regulatory mechanisms**

FREIBURG

Mittwoch, 26. Juli
17:00 Uhr | Vortrag | Inst. f. Pharmazeutische Wissenschaften, Hörsaal Pharmazie | **T. Cathomen**, Freiburg | **Schöne neue Gentechnik – mit Gen-Scheren gegen HIV und Krebs**

Freitag, 28. Juli
14:15 Uhr | SFB 850 | ZBMZ, Stefan-Meier-Str. 17, 1. OG, Raum 01006 | **A. Wellstein**, Washington | **Impact of intratumoral clonal heterogeneity on the phenotype and drug response of cancers**



Pflanzen werden in ihrer Umwelt von einer Vielzahl schädlicher Bakterien, Pilze und Insekten attackiert. Die Wahrnehmung dieser Organismen induziert in der Pflanze Abwehrmechanismen, wie beispielsweise Zellwandverstärkungen oder die Synthese von Sekundärmetaboliten. Ein essentielles Element in den Signalnetzwerken, die diese Reaktionen steuern, sind kurzzeitige Änderungen der Kalziumkonzentration im Zytosol der Pflanzenzelle. Wie diese Kalziumsignale erzeugt werden, welche Rolle Organellen der Zelle hierbei spielen, und wie sie noch unbedingte Pflanzenteile vor dem bevorstehenden Angriff warnen, erläutert **Edgar Peiter** am **10. August** in **Jena**.

GÖTTINGEN

Freitag, 21. Juli
12:30 Uhr | Kolloquium | Deutsches Primatenzentrum, Kolloquium, Kellnerweg 4, Hörsaal | **C. Petrovas**, USA | **Understanding lymph node immune dynamics in viral infections and vaccination**

Montag, 11. September
15:30 Uhr | Seminar | Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Am Fassberg 11, Manfred-Eigen-Saal | **K. Niakan**, London | **Regulation of pluripotency in human embryos**

16:15 Uhr | Seminar | Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Am Fassberg 11, Manfred-Eigen-Saal | **V. Malhotra**, Barcelona | **Mechanism of collagen secretion**

HAMBURG

Freitag, 28. Juli
13:00 Uhr | Seminar | EMBL, Notkestr. 85, SR 48e | **A.-S. Huart**, Hamburg | **Molecular mechanisms behind DAPK regulation: How phosphorylation switches work**

HEIDELBERG

Freitag, 28. Juli
10:00 Uhr | Seminar | EMBL, Meyerhofstr. 1, Small Operon | **U. Endersfelder** | **News in SMLM methods: Less phototoxic sptPALM imaging of living cells and dense fluorophore labeling without compromising the biological target**

Mittwoch, 2. August

11:00 Uhr | Seminar | EMBL, Meyerhofstr. 1, Small Operon | **J. Lukas**, Kopenhagen | **Endogenous chromosomal lesions: How cells deal with unavoidable DNA damage**

11:00 Uhr | Kolloquium | JKI, Dossenheim, Inst. f. Pflanzenschutz in Obst- & Weinbau, Schwabenheimer Str. 101, 2. OG | **A. Furch**, Jena | **FLS2 sensors located in epidermal and cortex cells trigger occlusion of flg22-insensitive sieve tubes in *Arabidopsis thaliana* and *Vicia faba***

Montag, 18. September

15:00 Uhr | Seminar | EMBL, Meyerhofstr. 1, Large Operon | **B. Mittelstadt**, Oxford | **The ethics of biomedical big data: Between individual and public health interests**

JENA

Donnerstag, 10. August
11:30 Uhr | Seminar | MPI CE, Hans-Knöll-Straße 8, SR Schleiden/Stahl | **E. Peiter**, Halle-Wittenberg | **Here, there and everywhere: Calcium signals in biotic interactions**

Mittwoch, 16. August
11:30 Uhr | Seminar | MPI CE, Hans-Knöll-Straße 8, SR Schleiden/Stahl | **R. Winkler**, Irapuato (Mexiko) | **Approaching life's chemistry with ambient ionization mass spectrometry and MS data mining**

Donnerstag, 17. August
11:30 Uhr | Seminar | MPI CE, Hans-Knöll-Straße 8, SR Schleiden/Stahl | **L. P. P. Martínez**, Irapuato | **Deciphering the secrets of plant-microbe interactions in arid environments**

KÖLN

Montag, 24. Juli

11:00 Uhr | Seminar | MPIPZ, Carl-von-Linné-Weg 10, Hörsaal | **T. Nakagawa, Nagoya** | **How do host plants establish secure endo-symbioses with microbial partners?**

MÜNCHEN

Freitag, 21. Juli

13:00 Uhr | Seminar | Campus Martinsried, BMC, SR N01.019 | **B. Morriswood, Würzburg** | **A primer on proximity labelling**

Mittwoch, 26. Juli

17:00 Uhr | Seminar | Campus Martinsried, BMC, SR N01.019 | **M. Bramkamp, München** | **Subcellular organization of bacteria: What did we learn from new microscopy techniques?**

Donnerstag, 27. Juli

12:15 Uhr | Seminar | Campus Martinsried, BMC, SR N01.017 | **M. Reth, Freiburg** | **How B cells sense antigen and the nanoscale organisation of the B cell membrane**

Montag, 31. Juli

11:00 Uhr | Seminar | ISD, Feodor-Lynen-Str. 17, SR 8G U1 155 | **V. Gradinaru** | **Optogenetic, tissue clearing, and viral vector approaches to understand and influence whole-animal physiology and behavior**

Mittwoch, 2. August

11:00 Uhr | Vortrag | Campus Martinsried, MPI f. Biochemie, T-Geb., KHS | **V. Denic, Cambridge - USA** | **Protein targeting to and from membranes**

Mittwoch, 9. August

14:00 Uhr | Vortrag | Campus Martinsried, MPI f. Biochemie, SR D-111 | **U. Muller, San Diego** | **How to generate RNA polymers in an RNA world**

Montag, 11. September

16:00 Uhr | Seminar | Campus Martinsried, Max-Planck-Institute, T-Geb., EG, GHS | **E. Nogales, Berkeley** | **Understanding structure, dynamics and interactions through cryo-EM visualization**

MÜNSTER

Freitag, 21. Juli

14:15 Uhr | Vortrag | Med. Fakultät, Albert-Schweitzer-Campus 1, Geb. A6, Hörsaal 20 | **B. Burkhardt** | **Non-Hodgkin Lymphome im Kindes- und Jugendalter: Im Labor, in der Klinik und in der Zukunft**

Mittwoch, 9. August

17:00 Uhr | Seminar | Med. Fakultät, Albert-Schweitzer-Campus 1 | **N. Friedrich, Greifswald** | **Analysis strategies for targeted and untargeted metabolomics studies**

Mittwoch, 16. August

17:00 Uhr | Seminar | Med. Fakultät, Albert-Schweitzer-Campus 1 | **M. Schmid, Bonn** | **Kernel deep stacking networks**

Donnerstag, 31. August

16:30 Uhr | Seminar | Inst. f. Medizinische Informatik, SR | **C. Walter, Münster** | **Basic4CSim: Comparison of 4C-seq pipelines based on real and simulated data**

Donnerstag, 14. September

16:30 Uhr | Seminar | Inst. f. Medizinische Informatik, SR | **J. Varghese, Münster** | **Medical effect of venous thromboembolism prophylaxis systems and common input variables: Preliminary findings from a systematic review**

POTSDAM

Mittwoch, 9. August

13:00 Uhr | Kolloquium | DIfE, Rehbrücke, Arthur-Scheunert-Allee 114-116 | **M. Lohse, Berlin** | **Receptor signaling in space and time**

REGENSBURG

Donnerstag, 27. Juli

14:00 Uhr | Kolloquium | BZR, H 53 | **M. Nevels, St Andrews (Schottland)** | **Chromatin control of human cytomegalovirus infection**

Dienstag, 1. August

17:00 Uhr | Kolloquium | BZR, H 53 | **Y. Vyas, Iowa City** | **WASp caught in R-loops: a nuclear view of transcriptional dysfunction and genomic instability in Wiskott-Aldrich syndrome**

TÜBINGEN

Montag, 24. Juli

17:00 Uhr | Vortrag | Interfakultäres Institut für Biochemie (IFIB), Hoppe-Seyler Str. 4, KHS | **S. Elsässer, Solna** | **Expanding the genetic code –From synthetic amino acids to biocemistry in the living cell**

18:00 Uhr | Kolloquium | Hertie-Inst.

f. klinische Hirnforschung, Otfried-Müller-Str. 27, Raum 2.310 | **R. Diem, Heidelberg** | **Mechanisms of neuroinflammation and -degeneration in optic neuritis and MS**



WÜRZBURG

Montag, 24. Juli

16:15 Uhr | Kolloquium | Inst. f. Virologie & Immunbiologie, Versbacher Str. 7, Geb. E5, Hörsaal | **B. Brügger, Heidelberg** | **Investigating protein-lipid interactions within membranes**

Mittwoch, 26. Juli

17:00 Uhr | Kolloquium | Biozentrum, HS A101 | **J. Taupitz, Mannheim** | **Keimbahnveränderungen beim Menschen: Verboten oder geboten?**

Mithilfe genetisch kodierter, unnatürlicher Aminosäuren können Forscher gezielt Modifikationen in Histon-Proteinen einführen und deren Auswirkung auf die Chromatin-Struktur untersuchen. Was sich theoretisch einfach anhört, erfordert in der Praxis jedoch etliche molekularbiologische Tricks. Wie man es dennoch schafft, Histonproteinen unnatürliche Aminosäuren unterzujubeln, um die Veränderungen des Chromatins während der Differenzierung von Zellen studieren zu können, erläutert **Simon Elsässer** am **24. Juli** in **Tübingen**.

Donnerstag, 27. Juli

18:15 Uhr | Kolloquium | Kinderklinik, Hoppe-Seyler Str. 1, Flur C3, Hörsaal | **K. P. Bathia, London** | **Neurodegeneration with brain accumulation disorders: genetic advances and their pathophysiological implications**

WIEN

Donnerstag, 27. Juli

11:00 Uhr | Seminar | IMBA/GMI, Bohr-Gasse 3, HS | **N. Renier** | **Automated mapping of neuronal activity and projections using light-sheet microscopy and tissue clearing**

Freitag, 8. September

11:00 Uhr | Seminar | Forschungsinstitut für Molekulare Pathologie (IMP), Campus-BioCenter 1, Hörsaal | **K. Jeffery, London** | **Neural encoding of complex space**

ZÜRICH

Mittwoch, 23. August

09:00 Uhr | Seminar | Uni Irchel, Winterthurerstr. 190, KSR Y13 L 11/13 | **G. Thesseling und T. Hander** | **Protein electrophoresis**

Weitere Vorträge finden Sie auf unserer Homepage unter dem Stichwort „Termine“. Gerne können Sie Ihre Veranstaltungshinweise an die Mailadresse „kalender@laborjournal.de“ schicken. Oder Sie tragen die Vorträge, Seminare etc. selbst auf unserer Website ein. Die Veröffentlichung ist kostenlos. Aus Platzgründen können wir allerdings nur Veranstaltungen berücksichtigen, die für einen Großteil unserer Leser von Interesse sind.

» www.laborjournal.de



Arbeiten in einer der modernsten Kliniken Europas
Doktorand/-in (Wissenschaftliche/-r Angestellte/-r Junior)

Zentrum für Molekulare Neurobiologie (ZMNH) für ein von der Dr. Hans Ritz und Lieselotte Ritz Stiftung gefördertes Projekt

Entgeltgruppe 13/1 TV-KAH

Detaillierte Informationen und Zugang zur Online-Bewerbung finden Sie unter:
www.uke.de/2017-360



An der Medizinischen Universitätsklinik Tübingen, Department II, ist in Kooperation mit der Frauenklinik zum nächstmöglichen Termin eine Vollzeitstelle mit einer/einem

Technischen Assistentin / Assistenten (BTA / MTA)

zu besetzen. Die Stelle ist zunächst auf zwei Jahre befristet, eine Verlängerung wird angestrebt. Die Vergütung erfolgt nach TV-UK (Tarifvertrag der Uniklinika Baden-Württemberg). Schwerbehinderte werden bei gleicher Eignung vorrangig berücksichtigt.

Ihre Aufgabe umfasst eigenständige Durchführung und Auswertung zell- und molekularbiologischer Experimente, mikroskopische Untersuchungen, Zellkulturarbeiten mit funktionellen Interaktionsanalysen sowie Methodentransfer an Master-StudentInnen.

Unsere Erwartungen: Überdurchschnittlich motivierte, engagierte Person, eigenständiges und zuverlässiges sorgfältiges Arbeiten. Erfahrungen in biochemischen und mol.-biol. Techniken sind erwünscht. Englischkenntnisse in Wort und Schrift; versierter Umgang mit EDV-Anwendungen (u.a. MS-Office), gute kommunikative Fähigkeiten/Teamfähigkeit. Es erwartet Sie eine abwechslungsreiche Position in einem ambitionierten Projekt:

Wir freuen uns über aussagekräftige Bewerbungen bis 31. Juli 2017 an: Uni-Klinikum Tübingen, Medizinische Klinik, Zentrum für Med. Forschung (ZMF), Prof. Dr. Gerd Klein, Waldhörlestr. 22, 72076 Tübingen oder per email an gerd.klein@uni-tuebingen.de



Am Institut für Klinische Immunologie und Transfusionsmedizin, Fachbereich Medizin, ist zum nächstmöglichen Zeitpunkt, im Rahmen der Projektförderung 64-0019 durch die Behring-Röntgen Stiftung befristet für die Dauer von 2,5 Jahren die Teilzeitstelle im Umfang von 50 % einer Vollbeschäftigung einer/eines

Wissenschaftlichen Mitarbeiterin/Mitarbeiters

zu besetzen. Bei Erfüllung der tariflichen Voraussetzungen erfolgt die Vergütung nach Entgeltgruppe 13 Tarifvertrag Hessen (TV-H).

Aufgabenbereich:

Der wissenschaftliche Schwerpunkt der Tätigkeit liegt im Bereich der Erforschung der immunologischen Mechanismen Antigen-präsentierender Zellen in der extrakorporalen Photopherese als Prototyp einer zellulären Immuntherapie. Für die wissenschaftliche Untersuchung ist ein entsprechendes Mausmodell der Photopherese etabliert. Wir bieten eine gute apparative Ausstattung, intensive Einarbeitung und ein engagiertes, interdisziplinär arbeitendes Team. Durchführung von tierexperimentellen Arbeiten, Gewebepräparationen, Zellkulturtechniken, durchflusszytometrische Analysen und FACS Zellsortierung. Analyse der themenbezogenen englischsprachigen Fachpublikationen und wissenschaftliche Präsentationen. Die Möglichkeit zur Promotion ist neben der Arbeit am Projekt gegeben.

Anforderungsprofil:

Abgeschlossenes wissenschaftliches Hochschulstudium der Biologie, Biochemie, Humanbiologie oder Veterinärmedizin wird vorausgesetzt. Erfahrungen im Umgang mit den oben genannten Methoden wie tierexperimentelle Mausuntersuchungen und immunologische Experimentalverfahren, Offenheit für tierexperimentelle Arbeiten, Interesse an selbständigem Arbeiten und Präsentieren wissenschaftlicher Ergebnisse sowie gute Grundkenntnisse der englischen Sprache sind ebenfalls erwünscht.

Die Justus-Liebig-Universität strebt einen höheren Anteil von Frauen an, deshalb bitten wir qualifizierte Frauen nachdrücklich, sich zu bewerben. Die Justus-Liebig-Universität versteht sich als eine familiengerechte Hochschule. Bewerberinnen und Bewerber mit Kindern sind willkommen.

Ihre Bewerbung (keine E-Mail) richten Sie bitte unter Angabe des **Aktenzeichens 392/11878/11** mit den üblichen Unterlagen bis zum **11.08.2017** an **Herrn Prof. Dr. Holger Hackstein, Institut für Klinische Immunologie und Transfusionsmedizin, Langhansstraße 7, 35392 Gießen**. Bewerbungen Schwerbehinderter werden – bei gleicher Eignung – bevorzugt. Wir bitten, Bewerbungen nur in Kopie vorzulegen, da diese nach Abschluss des Verfahrens nicht zurückgesandt werden.

Bitte beachten Sie auch unseren Online-Stellenmarkt, wo Sie noch mehr Job-Angebote finden (www.laborjournal.de). Wie in der Printausgabe können Sie auch dort gestaltete Anzeigen (im PDF-Format bzw. als HTML-Datei) oder reine Textanzeigen aufgeben. Wenn Sie den Anzeigenschluss nicht gerade verpasst haben, empfehlen wir Ihnen aber nach wie vor Anzeigen in der gedruckten Ausgabe – Sie erreichen mehr potentielle Bewerber. Bei gestalteten Printanzeigen ist eine vierwöchige Aufschaltung auf unserem Online-Stellenmarkt ist inklusive!



ANZEIGEN IM SERVICETEIL

Wenn Sie eine Stellen- oder Kongressanzeige schalten wollen, erreichen Sie uns per E-Mail (stellen@laborjournal.de), telefonisch (0761-2925885) oder per Fax (0761-35738).

Preise für Stellen- und Kongressanzeigen

Anzeigen mit Logo und Rahmen (Grundpreis s/w)

1/1 Seite (185 x 260 mm)	1.950,- Euro
1/2 Seite (90 x 260 mm oder 185 x 130 mm)	1.040,- Euro
1/3 Seite (90 x 195 mm)	830,- Euro
1/4 Seite (90 x 130 mm)	590,- Euro
1/6 Seite (90 x 100 mm)	480,- Euro
1/8 Seite (90 x 65 mm)	380,- Euro

Alle Printanzeigen mit Rahmen und Logo erscheinen zusätzlich kostenlos auf unserem Online-Stellenmarkt! Die Gestaltung ist im Preis inbegriffen, d.h. es genügt, wenn Sie uns einen Text und die erforderlichen Bilddateien zuschicken.

Stellenanzeigen im Textformat (ohne Rahmen, ohne Logo):
 12,- Euro pro Zeile (die Zeile etwa 65 Zeichen)

Farbzuschläge

390,- Euro bis 1.100,- Euro

Alle Preise verstehen sich zuzüglich 19% Mehrwertsteuer.

Anzeigenschlusstermine Serviceteil

Ausgabe 9-2017 (erscheint am 15.9.2017):	30.8.2017
Ausgabe 10-2017 (erscheint am 11.10.2017):	27.9.2017



Klinikum rechts der Isar
Technische Universität München



Das Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München widmet sich mit 1.091 Betten und rund 5.000 Mitarbeitern der Krankenversorgung, der Forschung und der Lehre. Jährlich profitieren rund 60.000 Patienten von der stationären und rund 240.000 Patienten von der ambulanten Betreuung. Das Klinikum ist ein Haus der Supra-Maximalversorgung, das das gesamte Spektrum moderner Medizin abdeckt. Seit 2003 ist das Klinikum rechts der Isar eine Anstalt des öffentlichen Rechts des Freistaats Bayern.

Die **Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie (Univ.-Prof. Dr. Tilo Biedermann)** sucht zum nächstmöglichen Zeitpunkt eine/n

Technische/n Assistenten/in (MTA / BTA / VMTA) in Vollzeit

für das immunologisch/ allergologische Forschungslabor.

Wir bieten eine abwechslungsreiche, eigenverantwortliche und experimentelle Tätigkeit zu aktuellen Fragestellungen der angeborenen und adaptiven Immunität.

Forschungsschwerpunkte:

- Immunologie der Mastzellen im Zusammenspiel mit weiteren Zellen des Immunsystems der Haut
- Immunologie des malignen Melanoms
- Allergologische Fragestellungen

Die Aufgaben umfassen:

- Zellkulturarbeiten
- Molekularbiologische Untersuchungen (insbesondere PCR)
- Labormanagement/-organisation

Wünschenswert wären Erfahrungen im tierexperimentellen Arbeiten.

Neben fachlicher Qualifikation sind Organisationstalent, Teamfähigkeit und Freude am Erlernen neuer Methoden für diese Tätigkeit Voraussetzung.

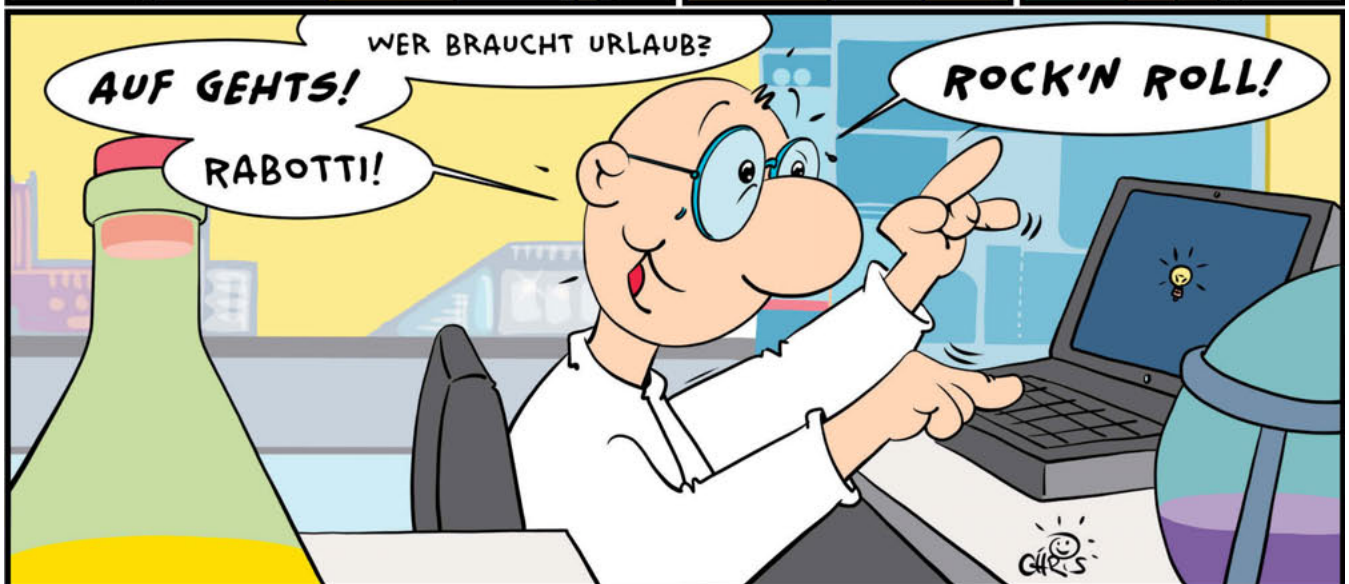
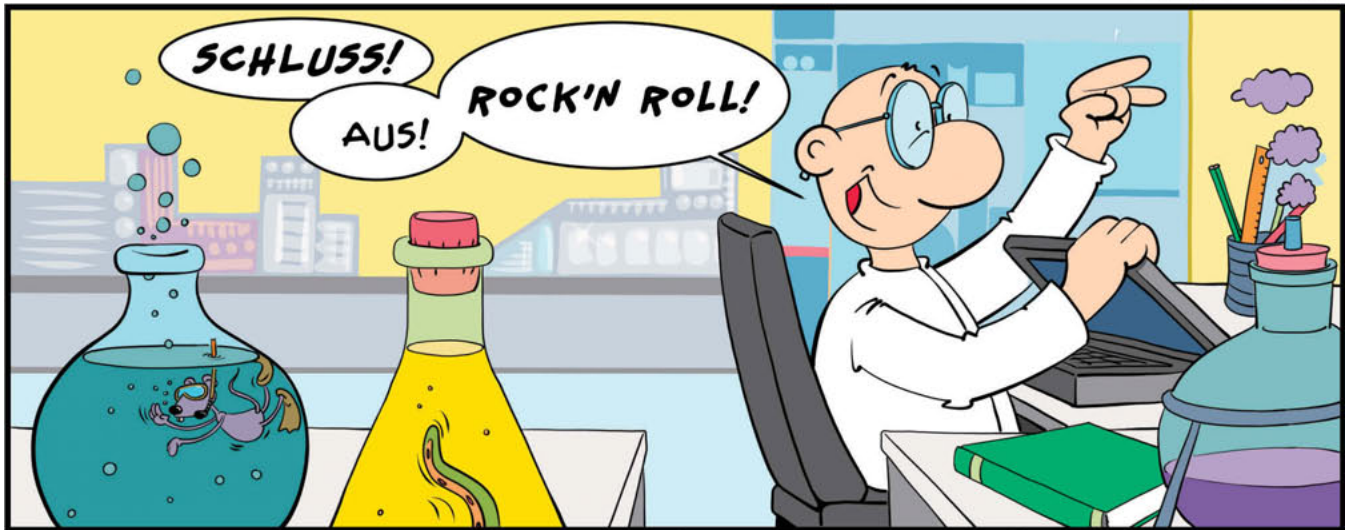
Die Vergütung erfolgt nach TV-L. Die Stelle ist zunächst befristet mit der Option auf Verlängerung.

Schwerbehinderte Bewerberinnen und Bewerber werden bei ansonsten im Wesentlichen gleicher Eignung bevorzugt eingestellt.

Bitte senden Sie Ihre aussagekräftige **Bewerbung** mit den üblichen Unterlagen per **E-Mail** an:

Univ. Prof. Dr. Tilo Biedermann
Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie
Klinikum rechts der Isar
Biedersteiner Str. 29
80802 München

Email: Gertraud.Stuerzlhamer@mri.tum.de



Liquid Handling von ROTH

Perfekt gelaufen!



- Höchste Präzision und Qualität
- Für jede Applikation das optimale Gerät
- Persönliche Expertenberatung
- Extrem kurze Lieferzeiten
- Von unseren Pipettenspitzen erhalten
Sie gerne kostenlose Muster!
- Faire Preise bei höchster Qualität

Wir sind die Experten für Laborbedarf, Chemikalien und Life Science.

Bestellen Sie unter:

Tel. 0800 5699000 · www.carlroth.com





Lighting the way.™

Luna® Universal qPCR & RT-qPCR Produkte.

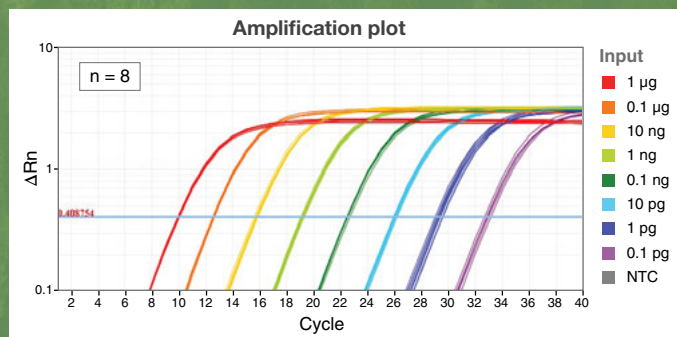
Diese Neuentwicklung von New England Biolabs nutzt die aktuellste Enzymtechnologie – ganz auf Höhe der Zeit – und bietet Ihnen zuverlässige Performance und optimale Resultate auf unterschiedlichsten Proben und Zielsequenzen.

Finden Sie kinderleicht das richtige Produkt für Ihre Experimente: verfügbar für Farbstoff- wie für Sonden-basierte Detektion sind Luna qPCR & RT-qPCR Reagenzien kompatibel mit allen gängigen Plattformen.

Nutzen Sie unsere kosteneffizienten Luna Produkte und erhalten Sie die Sensitivität, Spezifität und Zuverlässigkeit, die Sie vom aktuellsten und klassenbesten Reagenz erwarten dürfen.

Bestellen Sie Ihr kostenfreies Testmuster unter:
www.neb-online.de/LUNA

NEBs Luna Universal One-Step RT-qPCR Kit bietet außergewöhnliche Sensitivität, Reproduzierbarkeit und RT-qPCR Performance.



RT-qPCR gegen humane GAPDH RNA mittels Luna Universal One-Step RT-qPCR Kit über 8-log Verdünnungsstufen der Input-RNA (0,1 pg - 1 µg Jurkat Gesamt-RNA) und 8 Replikaten pro Verdünnung. Reaktionsansatz und Temperaturzyklus nach Protokollangaben, inklusive einem 10-minütigen RT-Schritt bei 55°C für die thermostabile Luna WarmStart® Reverse Transcriptase. NTC = Kontrolle ohne RNA Input.